

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АНТИБЛОКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ВЕЛИЧИНУ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ**

Представлено результати теоретичних та експериментальних досліджень впливу антиблокувальної системи (АБС) на гальмівну ефективність легкових автомобілів, показано важливість врахування поданих результатів при експертизі дорожньо-транспортних пригод.

### **А. А. Кашканов, И. Р. Тышкivский. Исследование влияния антиблокировочной системы на величину тормозного пути легкового автомобиля**

Представлено результати теоретических и експериментальних исследований влияния антиблокировочной системы тормозную эффективность легковых автомобилей, показана важность учета данных результатов при экспертизе дорожно-транспортных происшествий.

### **A. A. Kashkanov, I. R. Tyshkivskiy. Research of the antiskid system influence on the size of braking distance of passenger car**

The urgent braking fold in all a few percents from all braking, however exactly they determine safety of motion and requirement to brake efficiency. Thus one of evaluation indexes of brake properties there is braking distance of car.

The results of theoretical and experimental researches show that work of the antiskid system substantially influences on brake efficiency of passenger cars. Modern antiskid system in most cases render a substantial help to the driver in a drive. They help to avoid emergency situations, although limit possibilities of exit from them.

Braking of car has the features under various conditions. Depending on the unevenness of action of brake moments, and in this connection by the different sizes of tangents, lateral and vertical reactions on wheels, it can last with different connection the locked and unblocked wheels. Braking distance of transport vehicle depends both on initial velocity of braking, travelling terms and from duration of the stages of process. On plenitude of account of all these factors the results of examination of road traffic accidents depend substantially.

Ключові слова: гальмівний шлях, гальмування, тертя, енергія, антиблокувальна система, експертиза дорожньо-транспортних пригод.

### **Постановка проблеми**

Суттєве збільшення автотранспортного парку України привело до значного посилення інтенсивності руху на автошляхах держави та збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Це поставило перед Україною цілий комплекс нових завдань, спрямованих на підвищення безпеки руху.

Екстрені гальмування складають всього декілька відсотків від всіх гальмувань, проте саме вони визначають безпеку руху та вимоги до гальмівної ефективності [1-7]. При цьому одним з оцінних показників гальмівних властивостей є гальмівний шлях автомобіля. Якби у всіх автомобілів вдалося скоротити гальмівний шлях на 20 %, то число загиблих і важко поранених в автомобільних аваріях зменшилася б на 15 % [3].

Найчастіше при купівлі автомобіля, звертають увагу на час розгону до 100 км/год, витрату палива на 100 км, але не цікавляться даними про гальмівний шлях автомобіля. Більшість водіїв не знають довжини гальмівного шляху свого автомобіля та не розуміють якою вона повинна бути. Насправді величина гальмівного шляху має важливе значення. Адже в аварійні ситуації від того наскільки швидко можливо зупинити автомобіль, і в процесі гальмування не втратити над ним контроль, може залежати чиєсь життя. Врахування конструкції гальм та знання про потенційну гальмівну ефективність автомобіля дає змогу правильно вибрати початкові дані та методику інженерного розрахунку при експертизі ДТП, що зумовлює об'єктивність розслідування [1, 2, 4].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Гальмівний шлях транспортного засобу залежить як від початкової швидкості гальмування і дорожніх умов, так і від тривалості динамічної стадії процесу (часу, що пройшов з моменту

дотикання до педалі гальм, до моменту досягнення сповільненням чи гальмівною силою максимальних значень). Для визначення величини гальмівного шляху на прямолінійній ділянці дороги використовуються залежності, запропоновані Я. Таборекком, Норманом, В. Г. Розановим, О. Боде, Д. П. Великановим, М. Д. Артамоновим, І. Л. Крузе [1].

Формула, яка рекомендується в ДСТУ 3649:2010 для розрахунку гальмівного шляху [2]

$$S_r = \frac{v_a}{3,6} (\tau_c + 0,5\tau_H) + \frac{v_a^2}{26 j_{уст}}, \quad (1)$$

де  $v_a$  – початкова швидкість гальмування;  $\tau_c$  – час спрацьовування приводу гальм;  $\tau_H$  – час наростання сповільнення;  $j_{уст}$  – усталене (максимальне) в процесі гальмування сповільнення.

Існуючі методи розрахунку гальмівного шляху базуються на припущенні, що при екстремому гальмуванні реалізується усталене сповільнення, яке рівне добутку прискорення сили тяжіння на коефіцієнт зчеплення, що відповідає 100% ковзанню шини по дорожній поверхні. Таке представлення виключає можливість розрахунку гальмівного шляху при гальмуванні без блокування коліс (наявності АБС).

В роботах [6, 9] запропонована математична модель розрахунку гальмівного шляху автомобіля при екстремому гальмуванні без блокування коліс (з антиблокувальною системою), отримана із енергетичного балансу автомобіля при гальмуванні

$$S_r = v_a \cdot (\tau_c + 0,5\tau_H) + \frac{\delta \cdot G_a \cdot (v_a - 0,5\tau_H \cdot j_{уст})^2}{2g \left( \sum_{i=1}^n \frac{M_{ri} \cdot (1-s_i)}{r_d} + \sum_{i=1}^n G_{ki} \cdot f_i \cdot (1-s_i) + \frac{1}{3} k_n \cdot F \cdot v_{w0}^2 + \dots \right)} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left( \dots + \frac{M_r}{r_d} \cdot (1-s_{cp}) + \sum_{i=1}^n R_{zi} \cdot \varphi_{xi} \cdot s_i \pm G_a \cdot i \right) \quad (2)$$

де  $M_{ri}$  – гальмівний момент на  $i$ -му колесі автомобіля;  $s_i$  – повздовжнє проковзування на  $i$ -му колесі автомобіля;  $G_{ki}$  – нормальне навантаження на  $i$ -те колесо;  $f_i$  – коефіцієнт опору кочення для  $i$ -го колеса автомобіля;  $M_r$  – середній момент сил опору в трансмісії;  $s_{cp}$  – середнє арифметичне значення повздовжніх проковзувань ведучих коліс автомобіля;  $R_{zi}$  – нормальна реакція на  $i$ -те колесо автомобіля;  $\varphi_{xi}$  – коефіцієнт повздовжнього зчеплення  $i$ -го колеса автомобіля;  $k_n$  – коефіцієнт опору повітря;  $F$  – площа міделя або лобова площа, яка рівна площі проекції автомобіля на площину, перпендикулярну його повздовжній осі;  $v_{w0}$  – відносна швидкість повітря в момент натискання на педаль гальм;  $r_d$  – динамічний радіус колеса;  $G_a$  – вага автомобіля;  $\delta$  – коефіцієнт врахування оберткових мас;  $i$  – поздовжній ухил дороги.

Для проведення автотехнічної експертизи експерту достатньо розрахувати ті чи інші параметри за відомими з теорії експлуатаційних властивостей автомобіля формулами. Проте отримати надійні і достовірні результати розрахунків можливо лише за умови підстановки в формули достовірних чисельних значень відповідних вихідних даних – результатів вимірювань, параметрів та коефіцієнтів. Це має принципове значення, оскільки лише за умови достовірності вихідних даних можна говорити про обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів [1, 2, 4, 10].

**Метою даної роботи** є дослідження шляхів мінімізації невизначеності в експертних висновках під час розв'язування типових задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод при гальмуванні.

### Основні результати дослідження

Умови невизначеності при прийнятті рішень характеризуються відсутністю достатньої кількості інформації для доцільної організації дій. Якість процесу розробки рішень залежить від повноти врахування всіх факторів, що впливають на наслідки прийнятих рішень. Невизначеність можна усунути повністю чи частково двома шляхами: поглибленим вивченням наявної інформації або набуттям інформації, якої не вистачає.

Гальмування автомобіля в різних умовах має свої особливості. В залежності від нерівномірності дії гальмівних моментів, і у зв'язку з цим різними величинами дотичних, бічних і вертикальних реакцій на колесах, воно може тривати з різним сполученням заблокованих і

незаблокованих коліс. Гальмівний шлях транспортного засобу залежить як від початкової швидкості гальмування, дорожніх умов, так і від тривалості стадій процесу.

Процес гальмування автомобільного колеса з блокуванням можна умовно розділити на дві стадії: динамічна (кочення без блокування) і статична (ковзання заблокованого колеса).

В динамічній стадії відбувається зростання гальмівної сили на колесі автомобіля від нуля до максимального значення, яке визначається зчіпними якостями коліс чи найбільшим тиском робочого тіла в гальмівному приводі. Тривалість динамічної стадії залежить від конструкції приводу, індивідуальних особливостей водія, зчіпних якостей коліс з дорогою.

При гальмуванні без блокування коліс (гальмування з АБС) основна частина кінетичної енергії автомобіля перетворюється в тепло при терті в гальмівних механізмах. При відсутності АБС у гальмівному приводі перетворення механічної енергії автомобіля в теплову у динамічній стадії відбувається при терті фрикційного елемента гальмівної колодки об металеву поверхню барабану чи диску. Статична стадія характеризується заблокованими колесами, тому механічна енергія у даній стадії перетворюється у теплову при терті шин заблокованих коліс об дорожню поверхню.

Незважаючи на те, що мало хто з автовиробників розголошує значення гальмівного шляху моделей, в Євросоюзі прийнято вважати небезпечними всі машини, які не можуть зупинитися за 40 метрів (стандарт якості ISO 9001) при гальмуванні зі 100 км/год на сухому асфальтобетоні.

Одною з перших і найважливіших систем, призначеною для зменшення гальмівного шляху, стала антиблокувальна система гальм. Не дивлячись на те, що ця система вже давно не новинка, суперечки про її ефективність та «корисності» для водіїв актуальні досі.

Антиблокувальні системи автомобілів являють собою системи, оснащені пристроями керування зі зворотним зв'язком, що запобігають блокуванню коліс під час гальмування і зберігають керованість і курсову стійкість автомобіля. Основними компонентами АБС є: гідромодулятор; датчики швидкості обертання коліс; електронний блок керування.

При розробці системи АБС беруть до уваги:

- варіанти зчеплення між шиною і дорогою;
- нерівності дорожнього покриття, що викликають коливання коліс і осей;
- гальмівний гістерезис;
- зміни тиску в головному гальмовому циліндрі при впливі водія на педаль гальма;
- зміни радіуса колеса (при встановленні запасного колеса).

Критерії якості керування:

- підтримка курсової стійкості під час керування автомобілем шляхом забезпечення достатньої величини поперечної сили зчеплення на задніх колесах;
- підтримка керованості автомобіля шляхом забезпечення достатньої поперечної сили зчеплення на передніх колесах;
- зменшення гальмівного шляху в порівнянні з гальмуванням із заблокованими колісми;
- швидка зміна гальмівних моментів для різних коефіцієнтів зчеплення, наприклад, коли автомобіль рухається через невеликі ділянки льоду на дорожнім покритті;
- контроль низьких амплітуд зміни гальмівного моменту з метою попередження вібрацій у зубчастих передачах;
- високий рівень комфорту руху в результаті незначного впливу зворотного зв'язку на педаль гальма і застосування безшумних виконавчих механізмів.

Незалежно від конструкції АБС має складатися з таких елементів:

- датчики, функцією яких є видача інформації, в залежності від прийнятої системи регулювання, про кутову швидкість колеса, тиск робочого тіла гальмівному приводі, сповільнення автомобіля та ін.;
- блок керування, зазвичай електронний, куди поступає інформація від датчиків, який після логічної обробки отриманої інформації дає команду виконуючим механізмам;
- виконуючі механізми, (модулятори тиску), які в залежності від отриманої з блока керування команди, знижують, підвищують чи підтримують на постійному рівні тиск в гальмівному приводі коліс.

Процес регулювання гальмування колеса за допомогою ABS – циклічний. Пов'язано це з інерційністю самого колеса, приводу, а також елементів ABS. Якість регулювання оцінюється за тим, наскільки АБС забезпечує проковзування загальмованого колеса в заданих межах. При великому діапазоні циклічних коливань тиску порушується комфортабельність при гальмуванні (“смикання”), а елементи автомобіля сприймають додаткові навантаження. Якість роботи АБС залежить від прийнятого принципу регулювання (“алгоритму функціонування”), а також від швидкодії системи в цілому. Швидкодія визначає циклічну частоту зміни гальмівного моменту.

Важливою властивістю АБС повинна бути здатність пристосовуватися до зміни умов гальмування (адаптивність) і до зміни коефіцієнта зчеплення в процесі гальмування.

Розроблено велику кількість принципів, згідно з якими працюють АБС (алгоритмів функціонування). Вони відрізняються за складністю, вартістю реалізацією і за ступенем задоволення поставлених вимог.

При проведенні оптимізації робочих процесів гальмівних систем автомобілів часто зустрічаються задачі, рішення яких точними, кількісними методами пов'язано з труднощами:

- застосування точних методів не можливе (не обґрунтоване), оскільки на даний момент не виявлені кількісні взаємозв'язки між параметрами;
- застосування точних методів пов'язане з великими затратами часу і ресурсів;
- є сенс знехтувати точністю для економії часу і ресурсів;
- немає можливості набрати статистичний матеріал, щоб коректно скористатись теорією ймовірностей.

В такій ситуації має місце розв'язування задачі в умовах невизначеності, коли на перший план виступає не задача встановлення аналітичних зв'язків між параметрами, а облік на якісному рівні причинно-наслідкових залежностей між окремими параметрами та їх сукупностями. Інструментом розв'язування такого роду задач є нечітка логіка [11], яка застосовується в багатьох алгоритмах роботи АБС, якими оснащуються автомобілі уже представлені на ринку. В нинішній час Nissan, Mitsubishi, Honda, Mazda, Hyundai, BMW, Mercedes-Benz, Bosch, та Peugeot вже виробляють автомобілі з нечіткими АБС. Одна з причин вигоди антиблокувальних гальмових систем з нечіткою логікою – висока ефективність обробки інформації. В АБС час циклу управління складає приблизно 5 мілісекунд. В межах цього інтервалу, мікропроцесори повинні реєструвати всі дані датчика, опрацьовувати їх, обчислювати алгоритм АБС, керувати обвідними клапанами для гальмової рідини, виконувати тестування гальмування в встановленому порядку. Отже, будь-які додаткові функції повинні бути виконані з дуже великою ефективністю в обчислювальному відношенні. Більшість АБС використовує 16-bit мікропроцесор, в якому процес обчислення з середнього розміру нечіткою логічною системою складає близько 1/2 мілісекунди, при цьому використовується приблизно 2 КБ пам'яті [11].

Реалізація АБС на нечіткій логіці показує інтелектуальну комбінацію звичайних методів з нечіткою логікою. Відомо, що точка оптимальної ефективності гальмування знаходиться між двома граничними ситуаціями – вільне кочення колеса і його повне блокування. Різниця між швидкістю автомобіля та колеса під час гальмування називається "проковзанням" і визначається за формулою:

$$S = (V_a - V_k) / V_a, \quad (3)$$

де  $S$  – проковзання, завжди між 0 (без гальмування) та 1 (блокування);  $V_a$  – швидкість автомобіля;  $V_k$  – швидкість колеса.

Рис. 1 показує залежність між ефективністю гальмування та проковзанням для різних дорожніх покриттів. Для  $S = 0$ , швидкість колеса дорівнює швидкості автомобіля. У випадку  $S = 1$ , колесо блокується повністю. Криві показують, що оптимальне гальмування відбувається за умови  $0 < S < 1$ . Проте точка максимальної ефективності гальмування залежить від типу дороги.

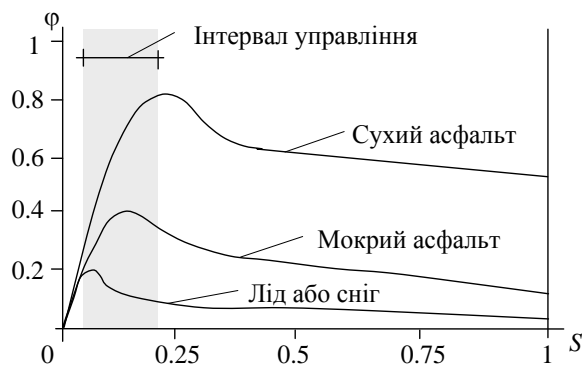


Рис. 1. Розподіл гальмової ефективності в залежності від проковзання колеса для сухих, мокрих та засніжених доріг ( $\varphi$  – коефіцієнт зчеплення, міра ефективності гальмування).

Звичайна антиблокувальна гальмова система керує обвідними клапанами гальмової рідини так, щоб проковзання дорівнювало встановленому значенню. В більшості програм це встановлене значення проковзання дорівнює 0,1, оскільки це компромісна величина для всіх станів дороги. Як

видно з рис. 1, це встановлене значення не оптимальне для кожного дорожнього покриття. Знаючи тип дорожнього покриття, можна збільшити ефективність гальмування ще більше.

Проблема – як дізнатися, який тип дорожнього покриття. Вважати, що водій натисне кнопку на панелі приладів раніше, аніж зробить екстрене гальмування, не реально. Альтернатива – використання датчиків. Багато компаній оцінили різноманітні типи датчиків. Результат – те, що датчики, які дають добру ідентифікацію поверхні дороги, не достатньо надійні та занадто дорогі. Ідея застосування нечіткого логічного висновку проста. Припустимо, Ви сидите в вашому власному автомобілі, обладнаному стандартною АБС. Після руху з відомою швидкістю Ви притиснули гальмову педаль, так що АБС починає працювати. Навіть якщо б Ви не знали, яка була поверхня дороги, Ви могли б тепер зробити достатньо точно припущення лише з реакції автомобіля. Тепер, якщо Ви можете оцінювати поверхню дороги лише по реакції автомобіля, то чому не здійснити це в АБС за допомогою нечіткої логіки? Коли АБС вперше виявляє блокування колеса, то починає керувати клапанами гальмової рідини так, щоб кожне колесо оберталося з проковзанням 0,1. Після цього нечітка логічна система оцінює реакцію автомобіля на гальмування, визначає поточну поверхню дороги і корегує встановлену величину проковзання для досягнення найкращої ефективності гальмування. Нечітка логічна система використовує вхідні дані лише від існуючих датчиків АБС. Вхідними даними є сповільнення та швидкість автомобіля, сповільнення та швидкості коліс, і гідравлічний тиск рідини гальма. Ці змінні входу – непрямий показник поточної точки управління гальмовою системою (рис. 1), її зміни через якийсь час. Експерименти показали, що перший дослідницький зразок лише з шістьма нечіткими логічними правилами значно покращує характеристики АБС. На одній з випробувальних трас, стан якої змінювався від сніжного до мокрого, АБС з нечіткою логікою виявляла зміну в дорожніх умовах навіть під час гальмування.

Від величини реалізованого коефіцієнта зчеплення суттєво залежать такі показники гальмівної ефективності як гальмівний шлях та сповільнення автомобіля. Згідно з табличними даними, якими керуються експерти під час проведення автотехнічних досліджень, стале сповільнення легкових автомобілів у спорядженому стані на сухому асфальтобетонному покритті становить 6,9–7,5 м/с<sup>2</sup>. Як показують експериментальні дослідження [1, 3, 6] ефективність гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, перевищує табличні дані на 1-1,6 м/с<sup>2</sup>.

Для розв'язання проблеми, пов'язаної з підвищенням точності розрахунків при проведенні судової автотехнічної експертизи, необхідно розробити методичні рекомендації з визначення гальмівної ефективності легкових автомобілів, обладнаних АБС. Ця проблема має розв'язуватися шляхом проведення значних за обсягом експериментальних досліджень.

Нами проводилися випробування з визначення ефективності робочої гальмівної системи автомобілів, обладнаних АБС, з урахуванням чинних в Україні галузевих стандартів [6]. Ділянка дороги для проведення експериментальних досліджень знаходилась приблизно в 5 км від м. Вінниця на дорозі Вінниця-Хмельницький. Вона представляє собою горизонтальну ділянку протяжністю біля одного кілометра з твердим асфальтобетонним покриттям, її негоризонтальність не перевищує 1,5%. Швидкість вітру під час випробувань не перевищувала 3 м/с, температура повітря знаходилась в межах 15-25°C, дослідження проводились окремо на сухому та вологому покритті. Визначення гальмівного шляху здійснювалось за допомогою рулетки та пістолета-відмітника, закріпленого на бампері автомобіля. Гальмівні діаграми отримувались за допомогою приладу AVZM-100 німецької фірми „МАНА”. За допомогою даного приладу також вимірювалась сила натискання на педаль гальма під час випробувань за допомогою датчика, який встановлювався на педаль гальма.

Під час проведення експерименту в дорожніх умовах на автомобілях Daewoo Lanos та Mercedes-Benz 212D фіксувалось: початкова швидкість гальмування (гальмування проводились при швидкості 40, 60, 80, 100 км/год – за показаннями спідометра); величина гальмівного шляху; сповільнення автомобіля. Результати дорожніх випробувань занесені у табл. 1, 2.

Таблиця 1

Експериментальні результати, отримані на сухому асфальтобетоні

$V_0$ , км/год	Daewoo Lanos		Mercedes Benz 212D	
	$S_{г\text{ сер}}$ , м	$j_{уст\text{ сер}}$ , м/с <sup>2</sup>	$S_{г\text{ сер}}$ , м	$j_{уст\text{ сер}}$ , м/с <sup>2</sup>
40	6,34	8,56	6,24	8,63
60	13,83	8,18	13,65	7,95
80	24,78	7,78	24,51	7,91
100	39,64	7,62	39,16	7,61

## Експериментальні результати, отримані на вологому асфальтобетоні

$V_0$ , км/год	Daewoo Lanos		Mercedes Benz 212D	
	$S_{г\text{ сер}}$ , м	$J_{уст\text{ сер}}$ , м/с <sup>2</sup>	$S_{г\text{ сер}}$ , м	$J_{уст\text{ сер}}$ , м/с <sup>2</sup>
40	8,18	6,87	8,25	6,81
60	17,88	6,98	18,05	7,01
80	32,65	6,87	31,82	6,76
100	53,64	6,67	52,16	6,64

Згідно з виконаними вимірюваннями на сухому рівному асфальтобетонному покритті значення величини усталеного сповільнення для автомобілів, обладнаних АБС, з урахуванням даних приладів у середньому становить 8,6 м/с<sup>2</sup>, що на 15–25 % перевищує табличні дані 7,5 або 6,9 м/с<sup>2</sup>, які рекомендовано в експертній практиці.

### Висновки

Сучасні АБС в більшості випадків надають істотну допомогу водієві в управлінні автомобілем. Вони допомагають уникати аварійних ситуацій, проте обмежують можливості виходу з них. При русі по покритті з низьким коефіцієнтом зчеплення (сніг, лід) гальмівний шлях з АБС збільшується, а на покриттях з високим коефіцієнтом зчеплення (сухий асфальтобетон) – зменшується.

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 найбільшою невизначеністю серед інших використовуваних при експертизі ДТП факторів і параметрів. 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.

Відома методика [1, 4] в багатьох випадках дозволяє оцінити лише діапазон можливих значень коефіцієнта зчеплення, що ускладнює об'єктивність прийняття рішення при аналізі причин ДТП. Запропонований підхід в [2, 6, 7], на відміну від відомої методики, дозволяє врахувати як стохастичну, так і нечітку невизначеність і звузити діапазон можливих оцінок, що підвищує об'єктивність прийняття рішень та дозволяє рекомендувати його як альтернативу існуючій методиці для застосування в практиці автодорожньої експертизи.

Рекомендації в експертній практиці з обрання табличних даних величини усталеного уповільнення, одержані при випробуваннях застарілих конструкцій легкових автомобілів радянського виробництва, нині потребують методичного вдосконалення з урахуванням сучасних конструкцій гальмівних систем автомобілів.

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. Волков В.П. 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. Склярков. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 476 с.

3. Автомобильный справочник Bosch. Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. – 896 с.

4. Тартаковский Д. Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д. Ф. Тартаковский. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.

5. Подригало М.А. Маневренность и тормозные свойства колесных машин. / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.И. Кирчатый, А.А. Бобошко. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 403с.

6. Кашканов В. А. 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. – 129 с.

7. 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. – 146 с.

8. Кашканов А.А., Кужель В.П., Грисюк О.Г. Комплексна програма оцінювання експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів при експертизі ДТП // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь. – 2011. – Вип.121/2011.

9. Кашканов А.А., Кашканов В.А., Грисюк О.Г. Математична модель гальмівного шляху автомобіля при екстремому гальмуванні з АБС // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк. – 2012, випуск №36.

10.Кашканов А.А., Гуцалюк О.В. Вплив невизначеності даних на результати оцінювання гальмових властивостей автомобілів при експертизі ДТП // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк. – 2012, випуск №37.

11. Кашканов А.А. Застосування нечіткої логіки в автомобільній автоматичній системі // Автомобільний транспорт: зб. наук. пр. – Харків. – 2003, №13.

**Рецензенти:**

Анісімов В.Ф. – д.т.н., професор, завідувач кафедри тракторів, автомобілів і електротехнічних систем Вінницького національного аграрного університету

Біліченко В.В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету