

УДК 629.3.017.5

А.А.Кашканов, О. В.Гуцалюк

Вінницький національний технічний університет

ВПЛИВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДАНИХ НА РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЮВАННЯ ГАЛЬМОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛІВ ПРИ ЕКСПЕРТИЗІ ДТП

Проведено аналіз методів оцінювання гальмових властивостей автомобілів при експертизі дорожньо-транспортних пригод. Визначено вплив основних параметрів на розмитість висновків автотехнічної експертизи ДТП при гальмуванні.

Ключові слова: невизначеність даних, гальмові властивості, дорожньо-транспортна пригода, автотехнічна експертиза.

Постановка проблеми

Кожні дві з половиною хвилини на дорогах України відбувається дорожньо-транспортна пригода (ДТП). В кожній п'ятій з таких аварій (тобто кожні 13 хвилин) страждає водій, пасажир чи пішохід. А кожні дві години в ДТП гине один житель чи гість країни. Всього ж за двадцять років незалежності на українських дорогах загинуло 137 тисяч чоловік, що можна порівняти, наприклад, з населенням Ялти. в Україні смертність на дорогах в 5 раз вища, ніж в країнах ЄС [1,2]. При цьому, основним фактором попередження дорожньо-транспортних пригод є процес гальмування [3-6].

Враховуючи велику відповідальність, яка покладається на експерта-автотехніка при розслідуванні ДТП, і важливість прийняття ним об'єктивного рішення про технічні причини та умови, що сприяли виникненню пригоди, актуальним є визначення впливу основних параметрів на розмитість висновків автотехнічної експертизи ДТП при гальмуванні для формування основних напрямків створення достатньо точного методу оцінки експлуатаційних гальмових властивостей автомобіля в дорожніх умовах навіть при наявності неточних вихідних даних.

Аналіз публікацій

Великий вклад в розвиток вивчення питань гальмівних властивостей автомобіля внесли як іноземні, так і вітчизняні дослідники. Серед них можна відзначити Великанова Д.П., Розанова В.Г., Бухаріна М.А., Чудакова Є.А., Гредескула А.Б., Подригала М.А., Волкова В.П., Смирнова Г.А., Гуревича Л.В. та ін. Незважаючи на значну кількість запропонованих моделей по визначенню гальмівного шляху, всі вони базуються на одному принципі – кінетична енергія рухомого автомобіля перетворюється в теплову при терті заблокованих шин об дорожню поверхню [3-7].

Гальмівні властивості відносяться до найважливіших з експлуатаційних властивостей, що визначають безпеку руху автомобіля, тому їх регламентація є предметом ряду міжнародних документів. Гальмівні властивості регламентуються Правилами №13 Комітету з внутрішнього транспорту Європейської Економічної Комісії Організації об'єднаних націй (ЄЕК ООН). У відповідності з цими правилами розробляють національні стандарти. На Україні щодо технічного стану гальмівних систем діє державний стандарт ДСТУ 3649-97 [8].

Аналіз основних нормативних документів по вимогам до технічного стану гальмівних систем автомобілів показує, що критеріями ефективності гальмування при дорожніх випробуваннях є: значення гальмового шляху при гальмуванні з певної швидкості; величина усталеного сповільнення; зусилля на органі керування; час спрацювання гальмової системи.

Величину гальмового шляху при екстремому гальмуванні з певної швидкості пропонується розраховувати за відповідними формулами [3-8]. Ці формули адекватні для ідеальних умов гальмування і не враховують вплив деяких експлуатаційних факторів: гальмування з циклічним короткочасним блокуванням; гальмування з блокуванням не всіх коліс; величина ваги автомобіля та розташування її центру; тип гальмівного механізму; розподіл величини коефіцієнта зчеплення по осям і бортам автомобіля.

Метою даної роботи є аналіз вхідних параметрів оцінки гальмових властивостей автомобілів при автотехнічній експертизі ДТП та визначення їх впливу на подальші результати і висновки.

Матеріали дослідження та основні результати

При оцінюванні гальмових властивостей автомобілів під час проведення автотехнічної експертизи ДТП доводиться розв'язувати такі задачі [3-6]:

Задача 1: визначення коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям.

В цій задачі необхідно визначити величину коефіцієнта зчеплення в практичному діапазоні його зміни (0 – 0,8). При прийнятті рішення беруться до уваги наступні фактори впливу: вид дорожнього покриття, стан дорожнього покриття, тип шин, ступінь проковзання шин, зношеність шин, тиск в шині, навантаження на колесо, швидкість автомобіля.

Значення перелічених факторів встановлюються за даними протоколів ДТП.

Задача 2: прогнозування зупиночного шляху автомобіля.

В цій задачі необхідно встановити величину зупиночного шляху автомобіля при певних умовах руху. Прийняття рішення здійснюється на основі оцінки наступних факторів: час реакції водія, який залежить від дорожньо-транспортної ситуації; час запізнення спрацювання гальмового приводу, який залежить від типу та його стану; час наростання сповільнення, який залежить від конструкції та стану гальмової системи; сповільнення, яке визначається величиною коефіцієнта зчеплення, прикладеним гальмовим зусиллям та технічним станом гальмового механізму; швидкість автомобіля до початку гальмування.

Задача 3: оцінки траєкторії руху автомобіля при гальмуванні.

Це комплексна задача, в якій необхідно виявити причини, що примусили автомобіль відхилитися від заданої траєкторії руху. Як правило, для її успішного вирішення необхідно врахувати фактори, які залежать від конструкції автомобіля (база автомобіля, колія, маса, розташування центру мас та його зміщення в наслідок нерівномірного розподілу навантаження), умов руху (вид та стан дорожнього покриття), технічного стану автомобіля (зношеність шин, справність гальмової системи та її окремих елементів), режиму руху (швидкість автомобіля, інтенсивність сповільнення), і на їх основі спрогнозувати траєкторію руху під час аварійної ситуації.

Прогнозування зупиночного шляху – є однією з найважливіших задач при аналізі ДТП. З погляду дотримання розпоряджень офіційної державної нормативно-технічної документації, стендові та дорожні методи випробувань – рівноправні. В Правилах дорожнього руху перевага надана дорожньому методу випробувань, оскільки: він дозволяє визначити безпосередньо ті параметри гальмування автомобіля, які визначають безпеку його руху по дорозі; цей метод припускає більш широкі організаційні практичні можливості проведення дорожніх випробувань порівняно зі стендовими.

З іншої сторони, метод стендових випробувань дозволяє отримати більше інформації про технічний стан гальмівних систем, менш трудомісткий, так як потребує менше часу на підготовку випробувань і їх проведення. Не потрібно витрачати час на встановлення спеціальної апаратури, на розгін автомобіля до необхідної швидкості (як при дорожніх випробуваннях). Цей метод дозволяє проводити випробування практично при будь-яких зовнішніх метеорологічних умовах, що далеко не завжди дозволяє стан дороги при дорожніх випробуваннях та ін.

Вибір методу випробувань в кожному конкретному випадку залежить від конкретних можливостей, умов і мети випробувань. Наприклад, у випадку визначення фактичних параметрів гальмування конкретного автомобіля в умовах місця ДТП, то проводити випробування необхідно тільки дорожнім методом в умовах, максимально наближених до тих, в яких відбулась пригода.

Питання про технічну можливість уникнути наїзду можна вирішити порівнюючи величину шляху, необхідного для зупинки транспортного засобу (S_0) і відстань, на якій знаходився цей транспортний засіб від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху (S_a). На основі порівняння (рис. 1) приходимо до висновку:

а) водій не має технічної можливості шляхом гальмування уникнути наїзду за умови, що шлях, необхідний для зупинки дорівнює або більший ніж відстань, від транспортного засобу до місця наїзду;

б) водій має технічну можливість уникнути наїзду за умови, що шлях, необхідний для зупинки менший ніж відстань від транспортного засобу до місця наїзду.

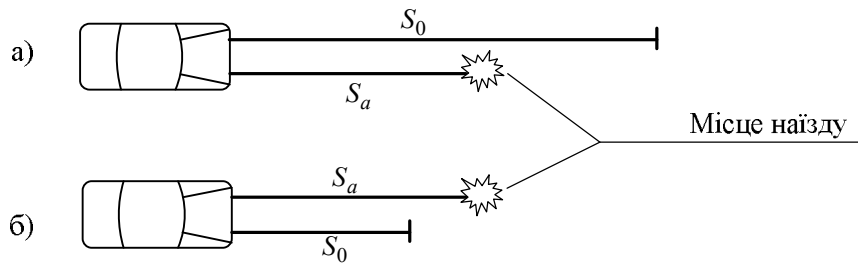


Рис. 1. Порівняння величин шляху, необхідного для зупинки і відстані від транспортного засобу до місця наїзду: а) при $S_0 > S_a$, водій не має технічної можливості уникнути наїзду; б) при $S_0 < S_a$, водій має технічну можливість уникнути наїзду

Формула, яка рекомендується в стандартах України та використовується при експертизі ДТП для розрахунку зупиночного шляху має вигляд [4-8]

$$S_0 = (\tau_p + \tau_{cn} + 0,5\tau_n) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26j_{yctm}}, \text{ м}, \quad (1)$$

де τ_p – ситуаційний час реакції водія, с; τ_{cn} – час запізнення спрацювання гальмового приводу, с; τ_n – час наростання сповільнення, с; V_a – початкова швидкість гальмування, км/год.; j_{yctm} – усталене (максимальне) в процесі гальмування сповільнення, м/с².

$$j_{yctm} = g \left(\frac{\varphi}{K_e} \cos(\alpha) + \sin(\alpha) \right), \quad (2)$$

де φ – середнє значення коефіцієнта зчеплення, яке можна визначити за даними протоколів ДТП в залежності від типу і стану дорожнього покриття, типу і ступеня зношеності шин, проковзання шин, навантаження на колеса, тиску в шинах та швидкості руху автомобіля (значення задається у спеціалізованій літературі у вигляді діапазону; K_e – коефіцієнт ефективності гальмування, який враховує рівень використання зчепних властивостей шин з поверхнею дороги (визначається в залежності від категорії транспортного засобу, навантаження та величини коефіцієнта зчеплення, змінюється в межах 1-1,96); α – кут поздовжнього нахилу проїзної частини (приймається додатнім під час руху автомобіля на підйом, а від'ємним - під час руху на спуск); g – прискорення вільного падіння – 9,8 м/с².

Зупиночний шлях – це відстань, що проходить автомобіль від моменту виявлення водієм небезпеки до моменту повної зупинки. Зупиночний шлях являється сумою відстаней, які транспортний засіб проходить за зупиночний час, тобто час реакції водія τ_p , час спрацювання гальмівного приводу τ_{cn} , і час активного гальмування τ_{ag} (рис. 2). Максимальне сповільнення транспортного засобу досягається після наростання тиску в гальмівній системі, тобто через час τ_n .

Відрізки часу, протягом яких не відбувається гальмування складаються в так званий втрачений час $\tau_{втр} = \tau_p + \tau_{cn} + \tau_n / 2$.

Верхня межа величини сповільнення визначається через коефіцієнт зчеплення, в той час як нижня межа залежить від нормативів сповільнення, що регламентуються державними нормативними документами (ДСТУ 3649-97).

Різниця між часом (шляхом) гальмування і зупиночним часом (шляхом) визначається через $\tau_{втр}$ або $V_a \cdot \tau_{втр}$.

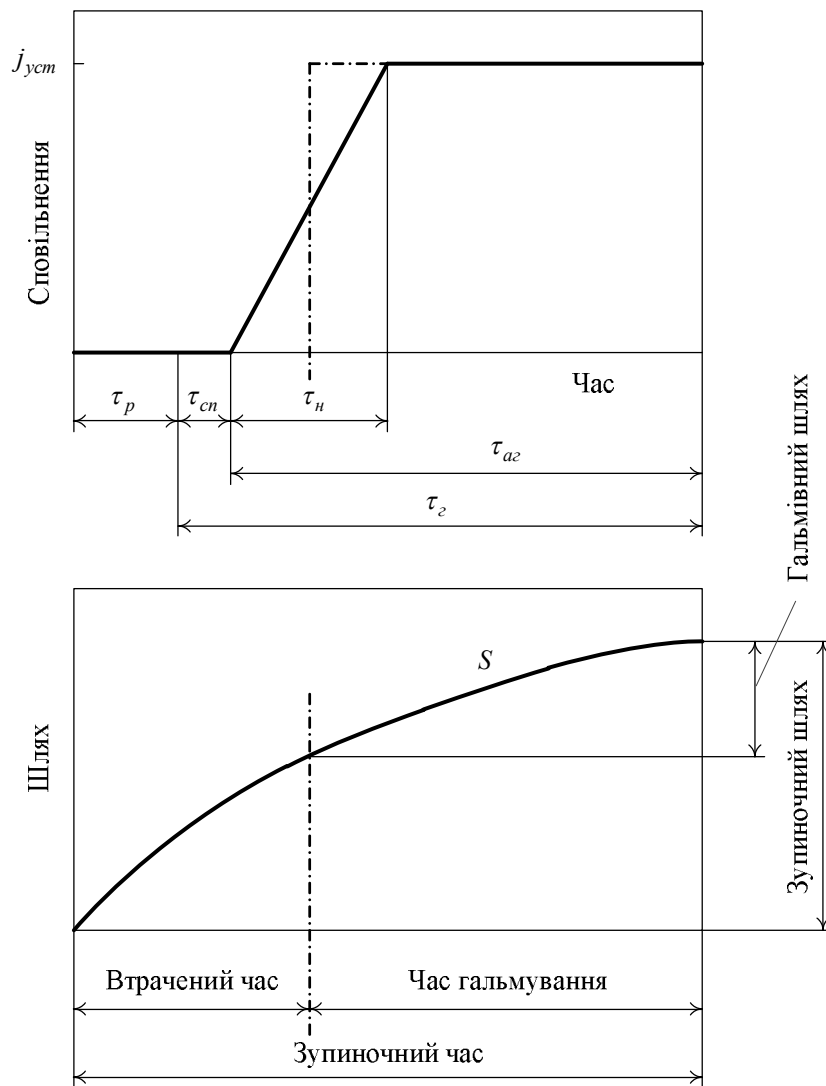


Рис. 2. Сповільнення і зупиночний шлях автомобіля

Час реакції водія – це період часу між виявленням небезпеки і початком натискання водієм на педаль гальма. Час реакції не являється фіксованим значенням; воно знаходиться в межах від 0,3 до 1,7 с і залежить від кваліфікації конкретного водія і зовнішніх факторів [4-6]. Для визначення індивідуальної реакції водіїв на небезпечні ситуації проводять спеціальні тести.

Затрати часу на спрацювання приводу і зростання сповільнення визначаються характеристиками гальмівної системи, а також умовами роботи гальмівних механізмів.

Після початку гальмування час τ_{cn} , що називається часом запізнення спрацювання гальмової системи, витрачається на переміщення елементів гальмівного приводу на величину зазорів, що мають місце в неробочому стані, зростання тиску рідини або повітря в трубопроводах і в робочих апаратах гідравлічного чи пневматичного приводу до значення, що необхідне для подолання зусиль зворотних пружин колодок і переміщення колодок до зіткнення їх фрикційних накладок з гальмівними дисками чи барабанами. Час τ_{cn} залежить від типу гальмівного приводу і гальмівних механізмів, а також технічного стану гальмівної системи. У технічно справної гальмівної системи з гідроприводом і дисковими гальмівними механізмами він складає 0,05...0,07 с, з барабанными гальмівними механізмами – 0,15...0,20 с, в системі з пневмоприводом – 0,2...0,4 с.

З моменту зіткнення фрикційних елементів гальмівних механізмів поздовжні реакції на колесах автомобіля R_x , а в результаті цього і сповільнення збільшуються від нуля до значення, що відповідає встановленому значенню сил, що приводять в дію гальмівні механізми. Час τ_n , що витрачається на цей процес, називають часом зростання сповільнення. В залежності від типу автомобіля, стану дороги, дорожньої ситуації, кваліфікації і стану водія, стану гальмівної системи

τ_n може змінюватися в межах 0,05...2 с. Він зростає зі збільшенням ваги автомобіля G_a і φ (оскільки збільшуються рознімні сили, що необхідні для створення $R_{x\max}$).

В [4-6] для розрахунків рекомендується приймати наступні значення τ_n : 0,05...0,2 с – для легкових автомобілів; 0,05...0,4 с – для вантажних з гідروприводом; 0,15...1,5 с для вантажних автомобілів з пневмоприводом; 0,2...1,3 с – для автобусів.

В Європі прийняті нормативні значення для τ_{cn} і τ_n в стандарті ЄЕК ООН, Правила №13. Застосовувані норми при випробуванні гальмівних систем на ефективність містять такі дані: $\tau_{cn} = \tau_n = 0,36$ с (для автомобілів класу M_1) і 0,54 с (для автомобілів класів $M_2, M_3, N_1...N_3$).

Після досягнення максимального зусилля на гальмівну педаль вважають, що R_x і сповільнення j залишаються без змін, проте практично це не зовсім так. По-перше водій, дещо змінює зусилля на педаль, а гальмові моменти змінюються за рахунок зміни коефіцієнта тертя фрикційних пар. По-друге, змінюється і коефіцієнт φ в результаті зміни швидкості V_a , проковзування шини і температури шини.

Змінне значення j на ділянці $\tau_{уст}$ умовно замінюють середнім і вважають усталеним $j_{уст}$, беручи за початок відліку ($t = 0$) момент припинення зростання зусилля на педалі. Тому $\tau_{уст}$ називають часом усталеного сповільнення.

Отже для оцінювання гальмівних властивостей автомобіля при експертизі ДТП 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 розрахункових 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. Можливу ступінь невизначеності висновків експерта проілюструємо на прикладі.

Приклад. З автомобіля ЗИЛ-431410, що рухався по мокрій горизонтальній асфальтованій проїзній частині випав ящик-контейнер. Позаду, на відстані 60 м, рухався автомобіль ВАЗ-21043 зі швидкістю 60 км/год., який зачепивши контейнер перевернувся. Необхідно визначити чи мав можливість ВАЗ-21043 технічну можливість попередити пригоду гальмуванням.

Розв'язання. Приймаємо за [4-6] такі значення вихідних даних: $\varphi = 0,4...0,6$; $\tau_p = 1,0...1,4$; $\tau_{cn} = 0,2...0,4$; $\tau_n = 0,4...0,55$; $K_e = 1,0...1,47$. Результати виконаного комп'ютерного моделювання за залежностями (1), (2) представлені на рис. 3. Як видно з цього рисунку лише за однофакторними залежностями відносна похибка прогнозування гальмівного шляху складає 11-20%, сповільнення автомобіля – близько 20-33%. Похибка буде ще більшою при комплексному врахуванні невизначеності всіх вхідних параметрів.

Висновки

Гальмівний шлях автомобіля є найбільш важливим і найбільш інформативним показником з точки зору забезпечення безпеки дорожнього руху, оскільки по ньому водій визначає дистанцію безпеки під час руху, порівнюючи швидкість руху з вільним простором. Незважаючи на універсальність та інформативність гальмівного шляху як показника ефективності гальмівної системи, заміряти його інструментально з достатньою точністю досить важко. Облік невизначеності розрахункових значень змінює характер результатів розрахунку з детермінованого у імовірнісний, оскільки всі довідкові параметри і коефіцієнти, що визначаються дослідним шляхом, за допомогою репрезентативної вибірки вимірювань, оцінюються з деякими похибками. Абсолютно точних вимірювань ні теоретично, ні практично не буває. Кожний довідковий параметр чи коефіцієнт є середньостатистичним значенням того чи іншого показника генеральної сукупності однотипних об'єктів в заданих умовах. Між однаковими показниками навіть двох автомобілів існує різниця, обумовлена технологічними та експлуатаційними причинами, тому слід пам'ятати, що в дійсності значення показника може бути любым в межах можливого розсіювання. Якщо не відома міра цього розсіювання, тобто невідома оцінка невизначеності довідкового показника чи коефіцієнта, то це означає, що ні у експерта, ні у слідчого, судді чи адвоката відсутня можливість

оцінити надійність довідкових даних і, відповідно, оцінити достовірність результатів експертизи отриманих за їх використання.

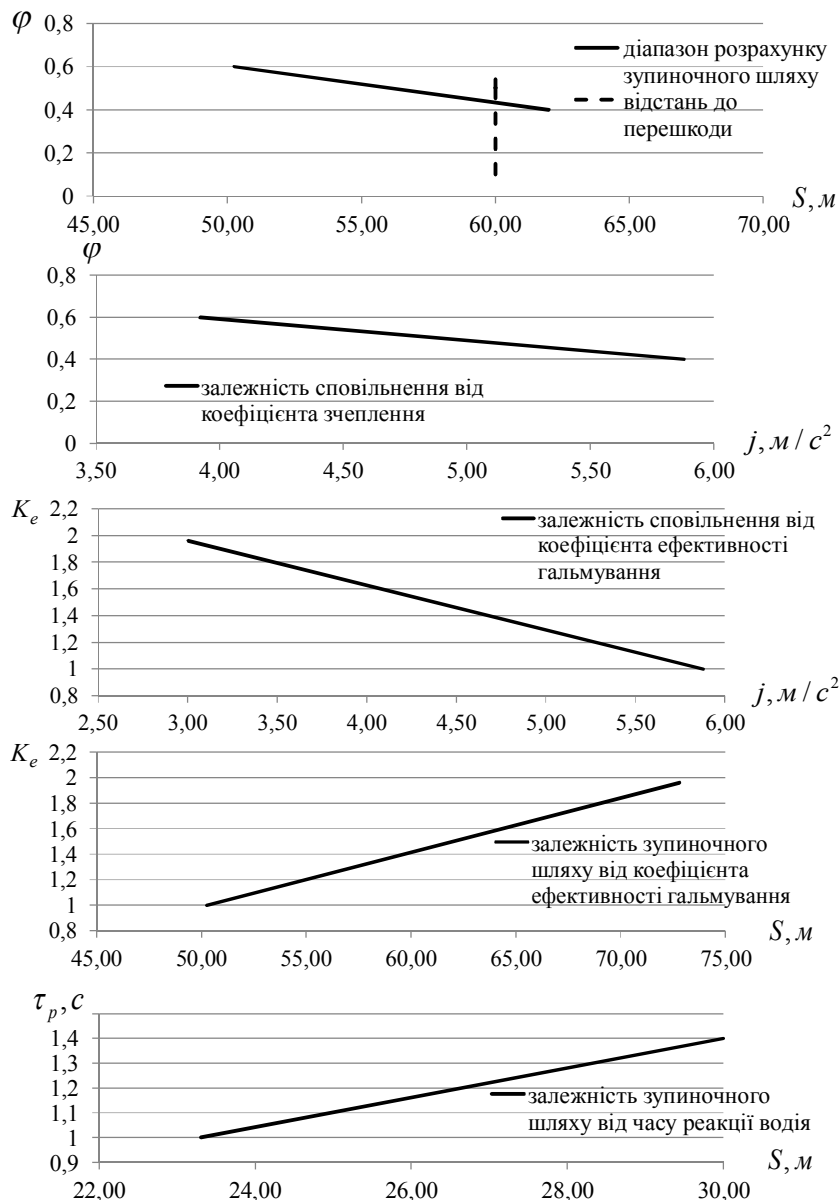


Рисунок 3 – Вплив невизначеності вихідних даних на висновки експертизи

1. <http://weekly.ua/pulse/theme/2011/07/14/104240.html>
2. http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp12_2011.pdf
3. Говорущенко Н.Я. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте: монографія / Говорущенко Н.Я., Волков В.П., Шаша И.К. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 361 с.
4. Сумець О.М. Основи експертизи дорожньо-транспортних пригод: автотехнічна експертиза: Навч. посіб. / О.М. Сумець, В.Ф. Голодний. – К.: «Хай-Тек Прес», 2008. – 160 с. – ISBN 978-966-2143-18-8.
5. Туренко А.Н. Автотехническая экспертиза : Учебное пособие / А. Н. Туренко, В. И. Клименко, А. В. Сараев. – Харьков : ХНАДУ, 2007. – 156 с. – ISBN 978-966-303-161-5.
6. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод. / Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С. [та інші]; за заг. ред. П. В. Галаса – К. : Експерт-сервіс, 1995. – 192 с.
7. М.А. Подригало. Маневренность и тормозные свойства колесных машин. / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.И. Кирчатый, А.А. Бобошко. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 403с.
8. ДСТУ 3649-97. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю; Введ. 01.01.99. – К.: Вид-во стандартів, 1997. – 18с.