

УДК 629.11.014 + 656.13.08

О. В. Сараєв, канд. техн. наук, доц.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

МЕТОД ОЦІНКИ ГАЛЬМОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЗІТКНЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Запропоновано вдосконалений розрахунковий метод оцінки гальмової ефективності транспортного засобу, який дозволяє встановити його швидкість на початку екстреного гальмування перед зіткненням, якщо сліди гальмування на дорожньому покритті відсутні. При цьому необхідно враховувати особливості процесу гальмування транспортного засобу та наявність або відсутність у конструкції антиблокувальної системи гальм. Це впливає на точність оцінки гальмової ефективності та на розрахунок швидкості транспортного засобу, що в цілому надає більшої об'єктивності висновку експертизи дорожньо-транспортної пригоди.

Постановка проблеми

Одна з основних сучасних проблем дослідження обставин дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) пов'язана з труднощами при встановленні швидкості руху транспортного засобу (ТЗ), гальма якого обладнані антиблокувальною системою (АБС). Дійсно, ця система не допускає блокування коліс, а звідси й відсутність слідів гальмування на дорозі. Тому встановити швидкість руху ТЗ існуючими експертними методами дуже важко або зовсім неможливо. У цих випадках швидкість руху ТЗ встановлюється слідством шляхом опитування водія, свідків, потерпілих. При цьому показання можуть відрізнятися один від одного суттєво. Застосування поліграфа для визначення правдивого показання може не дати очікуваного результату, оскільки опитувані можуть по-різному сприйняти аварійну ситуацію. Втілення АБС у гальма ТЗ набуває все більш масовий характер, насамперед у силу переваг цієї системи, тому потрібно розвивати та застосовувати нові методи дослідження ДТП.

Мета роботи – втілення й розвиток нових методів оцінки гальмової ефективності при дослідженні зіткнення транспортних засобів, які обладнані сучасною антиблокувальною системою гальм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

При дослідженні зіткнення одним з основних питань є визначення швидкості руху ТЗ [1]. Це питання ускладнюється, якщо перед зіткненням або наїздом ТЗ гальмував, але сліди гальмування відсутні. На цю проблему вказують різні джерела [2, 3]. Крім того, правильно оцінити гальмову ефективність ТЗ, який обладнаний АБС [4], для експерта дуже важко, оскільки відсутні методичні рекомендації із цього приводу у відомих експертних методиках [5, 6].

Виклад основного матеріалу дослідження

Швидкості ТЗ, що брали участь у зіткненні, можуть бути визначені різними способами, наприклад, шляхом опитування учасників і свідків ДТП, за даними реєстратора руху, розрахунковим способом із використанням основних законів механіки, а також за величиною деформації кузова автомобіля. Вибір того або іншого способу визначення швидкостей ТЗ у процесі зіткнення залежить багато в чому від типу зіткнення, тобто характеру й напрямку удару. У більшості випадків встановити швидкість автомобіля перед зіткненням можна за допомогою закону збереження імпульсу в замкнутій системі тіл

© Сараєв О. В., 2013

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2, \quad (1)$$

де m_1, m_2 – маси ТЗ, кг;

v_1, v_2 – швидкості ТЗ безпосередньо перед зіткненням, м/с;

u_1, u_2 – швидкості ТЗ після зіткнення, м/с.

Методика визначення швидкостей v_1, v_2 за допомогою закону збереження імпульсу буде залежати від типу зіткнення – чи то позадвжне (попутне або зустрічне), чи то перехресне. Щоб використовувати закон збереження імпульсу при дослідженні попутного або зустрічного зіткнення, спершу необхідно знати швидкість одного з автомобілів перед зіткненням, яка встановлюється шляхом опитування учасників і свідків ДТП. Задача дещо спрощується, якщо один з автомобілів у момент удару був нерухомий, тоді

$$v_1 = \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1}. \quad (2)$$

Якщо після зіткнення автомобілі рухаються, як одне ціле, то вираз (2) приймає вигляд:

$$v_1 = \frac{(m_1 + m_2) u_{1,2}}{m_1}, \quad (3)$$

де $u_{1,2} = u_1 = u_2$, м/с.

Деякі фахівці вважають, що при зустрічному центральному зіткненні первинну інформацію про швидкості руху автомобілів дає їх положення після удару. Якщо маса й швидкість автомобілів були приблизно однаковими, то автомобілі відкидаються від місця зіткнення в протилежні сторони приблизно на однакову відстань. Якщо ж швидкості були різними, то автомобіль, що рухався з меншою швидкістю, відкидається далі від місця зіткнення. Слід зазначити, що це справедливо тільки в тому випадку, коли сповільнення відкиданих автомобілів після зіткнення були однаковими, а це буває вкрай рідко.

Швидкості автомобілів u_1, u_2 безпосередньо після зіткнення можна визначити, якщо відомі сповільнення $j_{\text{от1}}, j_{\text{от2}}$ і відстані відкидання $S_{\text{от1}}, S_{\text{от2}}$ від місця зіткнення до зупинки кожного з автомобілів

$$u_1 = \sqrt{2 j_{\text{от1}} S_{\text{от1}}}, \quad u_2 = \sqrt{2 j_{\text{от2}} S_{\text{от2}}}, \quad (4)$$

де $j_{\text{от1}}, j_{\text{от2}}$ – сповільнення автомобілів при відкиданні (відкоту) після зіткнення, м/с²;

$S_{\text{от1}}, S_{\text{от2}}$ – відстані відкидання (відкоту) автомобілів після зіткнення, м.

У разі, коли після удару автомобіль котиться, його сповільнення $j_{\text{от}}$ під дією сил опору коченню та опору підйому можна розрахувати за формулою:

$$j_{\text{от}} = (f + \lambda') g, \quad (5)$$

де λ' – безрозмірна величина подовжнього ухилу дороги;

f – коефіцієнт опору коченню коліс, який приймається на асфальтобетонних покриттях 0,012–0,014;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с².

Якщо один з автомобілів до зіткнення утримувався на місці ручним гальмом або після зіткнення відбулося блокування одного з коліс деформованими чи зруйнованими частинами автомобіля, а інші колеса котяться незагальмованими, то сповільнення при частковому використанні зчіпної ваги автомобіля можна визначити з умови рівноваги між силами інерції й гальмування $P_j = P_T, j_{\text{от}} m_a = \varphi m_i g$

$$j_{\text{от}} = \varphi \frac{m_i}{m_a} g, \quad (6)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою;

m_i – маса, що доводиться на загальмовані колеса ТЗ, кг;

m_a – маса ТЗ, кг.

Розглянемо перехресне зіткнення автомобілів під деяким кутом α в прямокутній системі координат таким чином, щоб напрямок руху одного з автомобілів збігав із віссю цієї системи координат (рисунок 1). Перехресне зіткнення супроводжується відкиданням кожного автомобіля під деякими кутами γ до первинного напрямку руху одного з автомобілів, тобто до вибраної координатної осі. Цей кут γ можна визначити простим графічним способом.

При перехресному зіткненні всю кількість руху системи можна розкласти на дві складові проекції відповідно до вибраної системи координат:

проекція на вісь X

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 \cos \alpha = m_1 u_1 \cos \gamma_1 + m_2 u_2 \cos \gamma_2 ; \quad (7)$$

проекція на вісь Y

$$m_2 v_2 \sin \alpha = m_1 u_1 \sin \gamma_1 + m_2 u_2 \sin \gamma_2 , \quad (8)$$

де α – кут зіткнення ТЗ, градуси;

γ_1, γ_2 – кути відкидання автомобілів, що взяті відносно первинного напрямку руху одного з автомобілів, градуси.

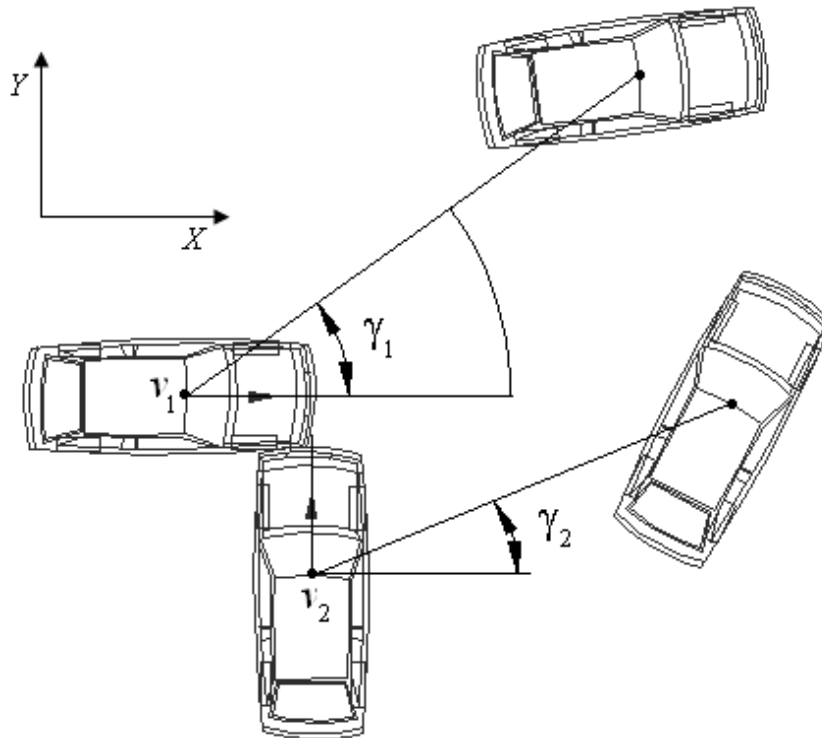


Рисунок 1 – Розрахункова схема перехресного зіткнення автомобілів

Із виразів (7), (8) отримуємо швидкості автомобілів перед зіткненням

$$v_1 = u_1 \cos \gamma_1 + \frac{m_2 u_2 \cos \gamma_2 - m_2 v_2 \cos \alpha}{m_1} , \quad (9)$$

$$v_2 = \frac{m_1 u_1 \sin \gamma_1 + m_2 u_2 \sin \gamma_2}{m_2 \sin \alpha} . \quad (10)$$

Як уже було сказано, після перехресного зіткнення автомобілі відкидаються один від одного під деякими кутами. При цьому їх рух буде не стійким і супроводжуватиметься як ковзанням, так і коченням коліс. Якщо можна зробити припущення, що кінетична енергія автомобіля після зіткнення, повністю витрачається на роботу з подолання сили тертя

ковзання $\frac{m_a u^2}{2} = m_a g \varphi S_{от}$, то розрахункова швидкість кожного з автомобілів безпосередньо після зіткнення буде пропорційна відстані $S_{от}$ їх відкидання

$$u_1 = \sqrt{2g\varphi S_{от1}}, \quad u_2 = \sqrt{2g\varphi S_{от2}}. \quad (11)$$

Якщо після перехресного зіткнення автомобілі були заблоковані відносно один одного та рухалися як одне ціле (рисунок 2), то можна записати $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_{1,2}$, $u_1 = u_2 = u_{1,2}$. Підставивши ці рівності до виразів (10), (11) отримаємо ще одну форму запису цих виразів:

$$v_1 = \frac{u_{1,2}(m_1 + m_2) \cos \gamma_{1,2} - v_2 m_2 \cos \alpha}{m_1}, \quad (12)$$

$$v_2 = \frac{u_{1,2}(m_1 + m_2) \sin \gamma_{1,2}}{m_2 \sin \alpha}. \quad (13)$$

Треба пам'ятати, що швидкості автомобілів при зіткненні, що одержані розрахунковим шляхом за виразами (9) – (13), будуть мінімально можливими, оскільки в розрахунках не враховано енергію, що витрачено на роботу обертання ТЗ навколо своєї осі.

Якщо водій перед зіткненням загальмував й залишилися сліди юза на дорозі довжиною S_u , то швидкість ТЗ на початку гальмування буде

$$v_a = 0,5 j t_3 + \sqrt{2jS_u + v_1^2}, \quad (14)$$

де j – усталене сповільнення ТЗ, м/с²;

t_3 – час наростання сповільнення ТЗ, с;

S_u – ділянка гальмування ТЗ з усталеним сповільненням (у випадку блокування коліс ця ділянка дорівнює довжині слідів гальмування (юза) на дорозі), м.

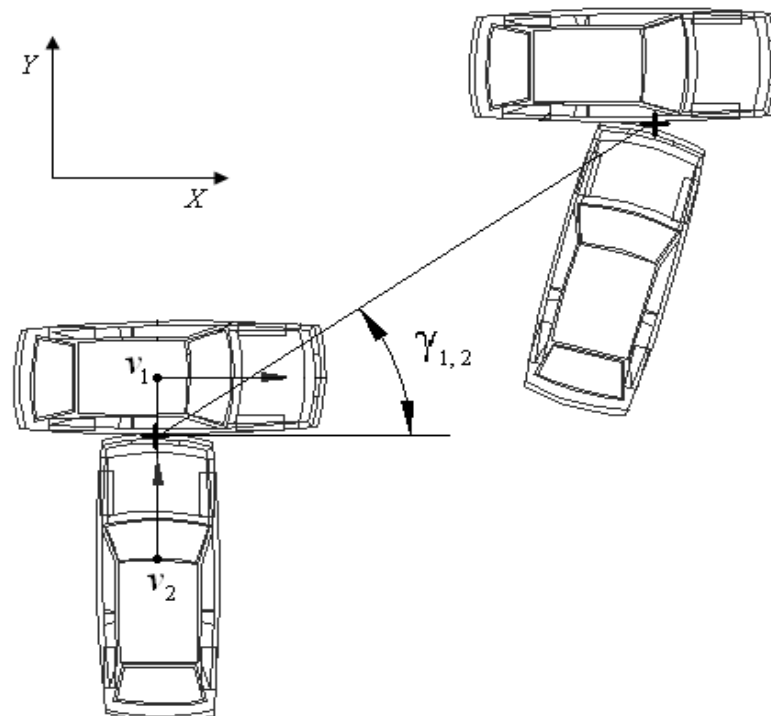


Рисунок 2 – Перехресне зіткнення автомобілів з їх подальшим блокуванням

У випадку, коли ТЗ був обладнаний антиблокувальною системою гальм, і є великі труднощі з визначенням швидкості руху ТЗ перед екстремним гальмуванням, оскільки не залишилося сліду юза на дорожньому покритті, можливо поради слідчому та експертові провести наступні експериментально-розрахункові дії. Спочатку шляхом слідчого експерименту визначити відстань $S_{дн}$ до місця наїзду або зіткнення, на якій водій почав

реагувати на небезпеку. Для цього треба виїхати на місце ДТП і запропонувати водію показати відстань, де був його ТЗ, і де була перешкода в той момент, коли він почав реагувати на небезпеку. Далі шляхом розрахунку необхідно визначити швидкість руху ТЗ за наступних умов. Прирівняти встановлену експериментально відстань $S_{\text{дн}}$ до розрахункової відстані гальмування $S_{\text{ов}}$ цього ТЗ. Одержимо квадратне рівняння з однією невідомою v_a у

вигляді $\frac{v_a^2}{2j} + (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_a + \left(-S_{\text{дн}} - \frac{v^2}{2j}\right) = 0$, рішенням якого є більше значення кореню

$$v_a = jT_{\text{пр}} \left(\sqrt{\frac{2 \left(S_{\text{дн}} + \frac{v^2}{2j} \right)}{j T_{\text{пр}}^2} + 1} - 1 \right), \quad (15)$$

де $T_{\text{пр}}$ – сума інтервалів часу t_1 , t_2 , $0,5t_3$, протягом яких гальмова система ТЗ приводиться в дію, с;

$S_{\text{дн}}$ – відстань від ТЗ до місця зіткнення, на якій водій почав реагувати на небезпеку, м;

Швидкість v руху ТЗ у момент зіткнення визначається розрахунковим шляхом, наприклад, за законом збереження імпульсу (1).

Наведемо приклад дослідження ДТП за запропонованим методом. Водій автомобіля Volvo S-70 допустив попутне зіткнення з автомобілем Opel Omega, що стояв на перехресті. Перед зіткненням і після зіткнення водій автомобіля Volvo S-70 екстрено гальмував. Також встановлено, що після нього автомобіль Volvo S-70 перемістився на 3 м і зупинився, а автомобіль Opel Omega відкотився на 9 м. За словами водія автомобіля Volvo S-70, реагувати на небезпеку він почав на відстані близько 20 м. Обидва автомобілі були в спорядженому стані, тобто порожніми. Автомобіль Volvo S-70 був обладнаний антиблокувальною системою гальм. ДТП відбулася на ділянці з рівним сухим асфальтом в умовах необмеженої видимості. Необхідно розрахунковим шляхом визначити швидкість автомобіля Volvo S-70 перед гальмуванням.

Початкові дані для розрахунку та технічні параметри:

змінні, що позначені індексом 1, відносяться до автомобіля Volvo S-70;

змінні, що позначені індексом 2, відносяться до автомобіля Opel Omega;

$S_{\text{от1}} = 3$ м – переміщення Volvo S-70 після зіткнення;

$S_{\text{от2}} = 9$ м – переміщення Opel Omega після зіткнення;

$S_{\text{дн}} = 20$ м – відстань, на якій водій автомобіля Volvo S-70 почав реагувати на небезпеку;

$j_1 = j_{\text{от1}} = 7,5$ м/с² – сповільнення Volvo S-70 до та після зіткнення;

$f_2 = 0,014$ – коефіцієнт опору коченню коліс Opel Omega;

g – прискорення вільного падіння – $g = 9,81$ м/с²;

$m_1 = 1486$ кг – маса автомобіля Volvo S-70;

$m_2 = 1475$ кг – маса автомобіля Opel Omega.

$t_1 = 1,0$ с – час реакції водія;

$t_2 = 0,2$ с – час запізнювання спрацьовування гальмової системи;

$t_3 = 0,25$ – час наростання сповільнення автомобіля Volvo S-70.

Вирішення. Спочатку визначимо швидкості автомобілів після та до удару.

Швидкість Volvo S-70 після удару:

$$u_1 = \sqrt{2j_{\text{от1}}S_{\text{от1}}} = \sqrt{2 \cdot 7,5 \cdot 3} = 6,7 \text{ м/с.}$$

Швидкість Opel Omega після удару:

$$u_2 = \sqrt{2j_{\text{от2}}S_{\text{от2}}} = \sqrt{2f_2gS_{\text{от2}}} = \sqrt{2 \cdot 0,014 \cdot 9,81 \cdot 9} = 1,57 \text{ м/с.}$$

Швидкість Volvo S-70 безпосередньо перед ударом:

$$v_1 = \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1} = \frac{1486 \cdot 6,7 + 1475 \cdot 1,57}{1486} = 8,27 \text{ м/с.}$$

Швидкість руху автомобіля Volvo S-70 перед початком гальмування визначимо за формулою (15)

$$v_a = jT_{\text{пр}} \left(\sqrt{\frac{2 \left(S_{\text{дн}} + \frac{v_1^2}{2j} \right)}{j T_{\text{пр}}^2} + 1} - 1 \right) = 7,5 \cdot 1,33 \left(\sqrt{\frac{2 \left(20 + \frac{8,27^2}{2 \cdot 7,5} \right)}{7,5 \cdot 1,33^2} + 1} - 1 \right) = 11,65 \text{ м/с} = 41,96 \text{ км/год,}$$

де $T_{\text{пр}} = t_1 + t_2 + 0,5t_3 = 1 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,25 = 1,33 \text{ с}$ – сума інтервалів часу t_1 , t_2 , $0,5t_3$, протягом яких водій реагує на небезпеку й приводить у дію гальмову систему ТЗ.

Нагадаємо, що отримані результати розрахункової швидкості автомобіля за формулою (15) виконані не за експертною методикою, оскільки гальмова система даного автомобіля обладнана АБС. Альтернативою цьому розрахунку є визначення швидкості шляхом опитування свідків, водія та потерпілого але при цьому, на нашу думку, об'єктивність дослідження ДТП зменшується.

Висновки

При дослідженні зіткнення транспортних засобів експерту необхідно мати можливість правильно оцінити гальмову ефективність транспортного засобу як до зіткнення, так і після нього. При цьому треба враховувати особливості процесу гальмування транспортного засобу і наявність чи відсутність у конструкції гальм антиблокувальної системи. Тому в даній роботі, враховуючи названі особливості, запропоновано вдосконалити розрахунковий метод визначення швидкості транспортного засобу на початку екстреного гальмування й після зіткнення.

Перспективи

На теперішній час виникла негайна необхідність удосконалення існуючих експертних методів дослідження ДТП, зокрема з урахуванням сучасних конструкцій антиблокувальної системи гальм ТЗ. Це, насамперед, вплине на точність оцінки гальмової ефективності й розрахунку швидкості ТЗ, що в цілому надасть більшої об'єктивності висновку експерта.

Список літератури

1. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 № 53/5 // Міністерство юстиції України. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98>.
2. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 № 53/5 (Instructions for the Appointment and Realization of the Court Examinations. Order No. 53/5 of Ministry of Justice of Ukraine dated from 08.10.98) // Міністерство юстиції України. – Режим доступу до журналу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98>.
3. Сараєв О. В. Проблемні питання визначення параметрів руху транспортних засобів при дослідженні ДТП // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 61–62. – С. 174–178.
4. Sarayev O. V. Problemni pytannia vyznachennia parametriv rukhu transportnykh zasobiv pry doslidzhenni DTP (Urgent Issues of Determination of Traffic Flow Parameters When Studying Road Traffic Accidents) // Vestnik KhNADU: sb. nauch. tr. – Kh.: KhNADU, 2013. – Вып. 62. – С. 174–178.
5. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв, С. В. Данець. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 320 с.
6. Avtotekhnichna ekspertyza. Doslidzhennia obstavyn DTP: pidruchnyk dlia VNZ (Automobile and Technical Examination. Study on Road Traffic Accident Cases: Coursebook) / A. M. Turenko, V. I. Klymenko, O. V. Sarayev, S. V. Danets. – Kh.: KhNADU, 2013. – 320 s.
7. Автомобильный справочник BOSCH; пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.

Avtomobilnyy spravochnik BOSCH; per. s angl. (Automobile Reference Book of BOSCH; translated from English). – 2-ye izd., pererab. i dop. – M.: ZAO "KZhI"Za rulem", 2004. – 992 s.

5. Судебная автотехническая экспертиза: в 2 ч. / под ред. научн. руков. В. А. Иларионова. – М.: Министерство юстиции СССР, 1980. – Ч. 2. – 490 с.

Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza: v 2 ch. (Court Automobile and Technical Examination: in 2 Parts) / pod red. nauchn. rukov. V. A. Parionova. – M.: Ministerstvo yustitsii SSSR, 1980. – Ch. 2. – 490 s.

6. Экспертная практика и новые методы исследования / Результаты систематизации экспериментально-расчетных значений параметров торможения автотранспортных средств: информационный сборник в 3 ч. – М.: ВНИИ судебных экспертиз, 1990. – 28 с.

Ekspertnaya praktika i novyye metody issledovaniya / Rezultaty sistematizatsii eksperimentalno-raschetnykh znacheniy parametrov tormozheniya avtotransportnykh sredstv: informatsionnyy sbornik v 3 ch. (Expert Practice and New Methods of Study. Results of Arrangement of Automobile Vehicle Application Parameter Values Experimentally Calculated: Information Collection in 3 Parts) – M.: VNIИ sudebnykh ekspertiz, 1990. – 28 s.

Рецензент: канд. техн. наук, доц. М. А. Мастепан, АДІ ДонНТУ
Стаття надійшла до редакції: 27.01.2014