

УДК 656.052.5

В. П. КУЖЕЛЬ, канд. техн. наук, доцент ВНТУ**ЗМЕНШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРИ АВТОТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЕРТИЗІ ДТП В ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ**

Запропонована розроблена методика та експертна програма для зменшення невизначеності вихідних даних при автотехнічній експертизі ДТП під час визначення дальності видимості об'єктів дорожньої обстановки в світлі автомобільних фар. Наведені методика та програма сприяють зменшенню невизначеності вихідних даних та підвищенню об'єктивності прийняття рішення експертом-автотехніком в умовах неточності та невизначеності вихідних даних при проведенні експертиз ДТП. Наведено приклад застосування розробленої експертної програми при дослідженні механізму реальної пригоди та пошуку винуватців.

Ключові слова: експертиза, видимість, темна пора доби, невизначеність, методика, дорожньо-транспортна подія, автомобіль.

Вступ. В Україні за одинадцять попередніх років в населених пунктах скоєно понад 88 тис. ДТП за участю і з вини пішоходів. Поза населеними пунктами їх скоєно майже в 6 разів менше – 15,5 тис. Але в нічний час число пригод з людськими жертвами складає: у містах у 2,5 рази, а на позаміських дорогах у 3 рази більше ніж в світлу пору доби [1-2]. Це підтверджується статистичними даними МВС України, згідно з якими, з загального числа ДТП біля 50% пригод скоюються саме в темну пору доби, а число загиблих складає близько 60% від загального числа травмованих. Також ці цифри підтверджуються статистичними даними щодо кількості ДТП за кордоном, а саме в США та Англії. За даними шведського інституту дорожньої безпеки, третина усіх ДТП трапляється вночі і 21% з них відноситься до наїзду на пішоходів. За даними Швейцарського дослідницького бюро – наїзди на пішоходів уночі відбуваються в 9 разів частіше, ніж вдень, а на велосипедистів і інші перешкоди відповідно в 2 і 3 рази [1-5].

Аналіз основних досягнень і літератури. Виділимо основні причини великої кількості ДТП у темну пору доби - зниження видимості, осліплення водіїв фарами автомобілів [2]. Саме дальність видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби визначається при розслідуванні механізму ДТП, а порівняння його значення з відстанню, на якій знаходився транспортний засіб (ТЗ) від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху дає висновок про технічну можливість водія уникнути ДТП. Для розуміння важливості розгляду питання зменшення невизначеності вихідних даних на рис.1 наведемо розподіл кількості потерпілих в ДТП та кількості ДТП за годинами доби.

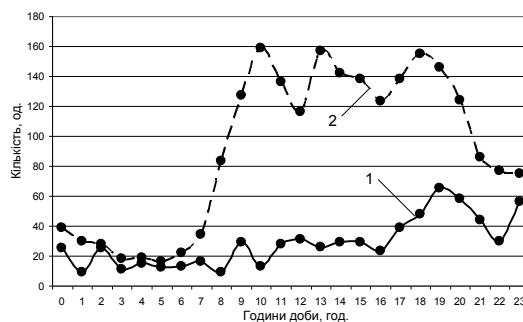


Рисунок 1 – Кількість потерпілих в ДТП (крива 1) та ДТП за годинами доби (крива 2)

З кривих рис. 1 можна зробити наступні висновки: кількість потерпілих в ДТП (крива 2) залишається стабільно високою. З 10 год. ранку до 20 год. вечора з наступним значним зниженням, яке пояснюється закономірним зменшенням кількості автомобілів і пішоходів в вечірні та нічні години доби. Але незважаючи на зменшення кількості ДТП, важкість їх наслідків зростає, так як збільшується кількість потерпілих в пригодах (крива 1) значно зростає з 16 до 21 год. та 22 год. [1-2]. Отже виділимо задачі автотехнічної експертизи, які доводиться розв'язувати при аналізі ДТП, що сталися в темну пору доби: 1) визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в світлі автомобільних фар; 2) прогнозування безпечної швидкості руху за конкретних дорожніх умов. Труднощі розв'язування такого роду задач: 1) прийняття об'єктивного рішення потребує врахування великого числа факторів впливу, а в більшості випадків одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв'язків. 2) відсутні аналітичні залежності між факторами впливу (причинами) і певним наслідком, а застосування існуючих методів призводить до значних труднощів через необхідність врахування різномірних факторів, як кількісних (швидкість автомобіля), так і якісних (вид і стан дорожнього покриття).

Мета дослідження. Мета дослідження полягає в зменшенні невизначеності вихідних даних при визначенні дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби та об'єктивності прийняття рішення експертом-автотехніком в умовах неточності та невизначеності вихідних даних при проведенні експертиз ДТП. Для цього слід вирішити наступні завдання – розробити на основі створеної математичної моделі [4, 5] експертну систему для визначення дальності видимості об'єктів на дорозі та навести приклад її застосування при розслідуванні ДТП в темну пору доби.

Основна частина. За існуючою методикою [3, 6, 9-10] безпосередньо на місці пригоди або за аналогічних умов визначених експертом (з метою врахування взаємозв'язку зовнішніх факторів впливу) проводиться натурний експеримент з визначення дальності видимості, який є надзвичайно трудомістким і потребує залучення висококваліфікованих фахівців та значних матеріальних ресурсів. На сьогоднішній день відсутні математичні залежності та експертні програми визначення дальності видимості, які б дозволили уникнути натурального експерименту.

Для вирішення вищерозглянутих проблем на основі методу ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань [4-8] була розроблена математична модель визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в світлі автомобільних фар. Процес побудови моделі розподілявся на два етапи - структурна та параметрична ідентифікації (рис. 3). Були обрані найвагоміші фактори впливу на дальність видимості, які характеризують водія: В - гострота зору, у.о.; Т - тривалість роботи за кермом, год.; С - коефіцієнт засліплення, у.о.; автомобіль: G - рівень завантаження, кг; Е - освітленість дороги, лк; дорогу, середовище: W - прозорість атмосфери, м; F - розташування перешкоди, м; К - контраст об'єкта розрізнення з фоном, у.о.; була розроблена нечітка база знань, визначені параметри функцій належності після налаштування. На основі розробленої та налаштованої моделі [4, 5, 7-8] була створена з використанням пакету програм Fuzzy Expert програма для визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в умовах неточності та невизначеності вихідних даних, діалогові вікна якої наведені на рисунках 3, 4.

Отже для зменшення невизначеності вихідних даних в розробленій методиці і експертній програмі вони можуть задаватися числом, термом або за принципом

“термометра” [6-8], коли експерт не в змозі оцінити змінну ні числом, ні якісним термом, а лише інтуїтивно відчуває її рівень. Принцип термометра в оцінці якісних змінних – експертна оцінка того чи іншого показника здійснюється шляхом закреслення частини шкали (рис. 2), ліва та права границі якої відповідають найменшому та найбільшому рівням показника. Принцип термометра зручно застосовувати в тих випадках, коли експерт не в змозі оцінити деяку змінну ні числом, ні якісним термом, а лише інтуїтивно відчуває її рівень.

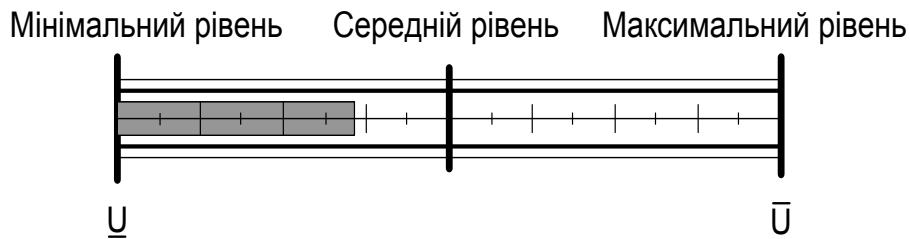


Рисунок 2 – Оцінка параметра за принципом термометра

Розроблена програма дає змогу визначати значення дальності видимості дорожнього об’єкту за конкретних умов дорожньої обстановки.



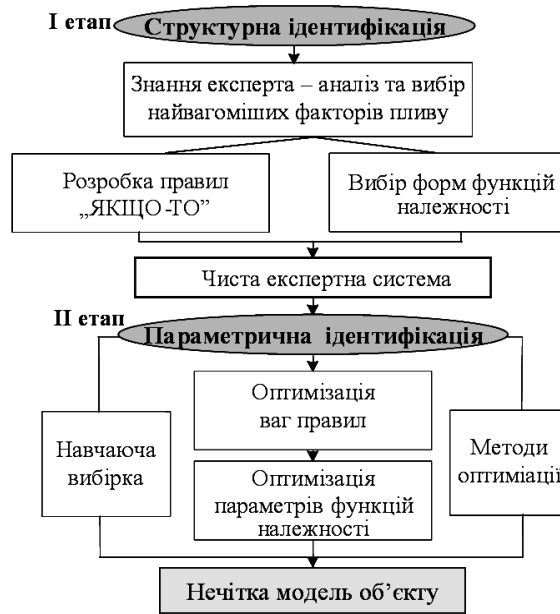


Рисунок 3 - Структура моделі визначення дальності видимості та етапи її налаштування

З метою зменшення невизначеності вихідних даних та для практичного використання розробленої експертної програми при автотехнічній експертизі ДТП запропоновано вдосконалити існуючий протокол огляду місця ДТП, для чого в нього слід внести додаткові графи з факторами впливу на дальність видимості (W, K, F, G, E, C, B, T) для обов'язкового заповнення на місці ДТП співробітником ДПС, при відсутності кількісних значень, потрібно якісно описати параметри конкретного фактору (рис. 4).

Параметри, які характеризують дальність видимості об'єкту на дорозі в темну пору доби:	
W - прозорість атмосфери ____ м; (160...300м (Н, нС, С, вС, В) _____)	K - контраст об'єкта розрізнення з фоном ____ у.о. (0...0,9 у.о.(Н, нС, С, вС, В) _____)
F - розташування перешкоди на дорозі ____ м; (0...7,5 м (ліве, праве узбіччя, на осі дороги))	G - рівень завантаження автомобіля ____ кг; (70...500 кг (без навантаження, середнє, повне) _____)
E - освітленість дороги ____ лк; (10...30 лк (понижена, нормальна, підвищена))	C - коефіцієнт засліплення ____ у.о. (1...1,35 у.о.(засліплення відсутнє, середнє, високе))
B - гострота зору водія ____ у.о.; (0,6...1 у.о. (нС, С, В) _____)	T - тривалість роботи за кермом ____ год. (0...16 год (Н до 2, нС 2-4, С 4-8, вС 8-12, В понад 12 год.))

Н, нС, С, вС, В – відповідні якісні терми для оцінки факторів впливу:
низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий.

Рисунок 4 – Графи, які запропоновано додати для удосконалення протоколу огляду місця ДТП

На основі вихідних даних з удосконаленого протоколу огляду місця ДТП проводиться розрахунок дальності видимості об'єкту для конкретної дорожньої обстановки з використанням розробленої експертної програми.

Алгоритм методики визначення дальності видимості.

1. Визначення прозорості атмосфери W. Легковий автомобіль встановлюється передньою частиною уздовж дороги, поблизу правого узбіччя. По краю правого узбіччя відносно автомобіля встановлюються пронумеровані фішки.
2. При роботі двигуна на середніх обертах колінчатого валу вмикається дальнє світло фар, а спостерігачі разом із водієм спостерігають з кабіни як учасник експерименту зі світловідбивачем рухається від автомобіля, тримаючи світловідбивач в 20 см від землі.
3. При цьому світловідбивач повертається площиною і ребром через крок.
4. В момент виходу учасника експерименту за межі видимості світловідбивача подається сигнал для його зупинки і визначається точна межа прозорості атмосфери для даних дорожніх умов, від якої вимірюється відстань до передньої частини автомобіля.
5. Визначення контрасту об'єкта розрізнення з фоном K, враховуючи дорожнє покриття та особливості одягу потерпілого.
6. За допомогою люксметра визначається освітленість дороги та об'єкту на ній.
7. На основі зібраних початкових даних, проводиться розрахунок конкретної дальності видимості для даних дорожніх умов за розробленою експертною програмою (рис. 5, 6).

Приклад застосування розробленої експертної програми. Отже 20.11.2012р. о 22 год. 50 хв. на 25 км автодороги Вінниця-Бар сталося ДТП – ВАЗ–2110 здійснено наїзд на пішохода, який перетинав проїзну частину дороги.

Ділянка дороги пряма, горизонтального профілю, покриття – сухий асфальтобетон. Зустрічних ТЗ не було. Технічно справний автомобіль зі швидкістю 84 км/год рухався в правому ряду з ввімкненим дальнім світлом фар. До наїзду автомобіль рухався без гальмування. Пішохід у темному одязі без світловідбиваючих елементів рухався зі швидкістю 8-12 км/год. біля лівого краю проїзної частини, а потім розпочав її перетин.

Отже з удосконаленого протоколу ДТП відомо: W - прозорість атмосфери - 199,5м; K - контраст об'єкта розрізнення з фоном - 0,1 у.о.; F - розташування перешкоди - 1 м; G - рівень завантаження автомобіля - 160 кг; E - освітленість дороги - 18 лк; C - коефіцієнт засліплення - 1,0 у.о.; B - гострота зору водія - 0,8 у.о.; T - тривалість роботи за кермом - 4 год. На основі отриманих даних, проводиться розрахунок дальності видимості за розробленою експертною моделлю (рис. 5, 6).

Дослідницька частина. Водій повинен був керуватися вимогами п. 12.2 та п. 12.3 Правил дорожнього руху України, тобто вибирати швидкість руху у відповідності з видимістю дороги.

The image shows two screenshots of a software interface for entering expert data. Both windows are titled 'Входные переменные' (Input variables).

The left window contains the following input fields:

Variable	Value	Unit	Type	Min	Max
W	199.500000	м	Число	160.000000	300.000000
K	0.100000	у.о.	Число	0.000000	0.900000
F	1.000000	м	Число	0.000000	7.500000
G	160.000000	кг	Число	70.000000	500.000000
E	18.000000	лк	Число	10.000000	30.000000
C	1.000000	у.о.	Число	1.000000	1.350000

The right window contains the following input fields:

Variable	Value	Unit	Type	Min	Max
B	0.800000	у.о.	Число	0.600000	1.000000
T	4.000000	год.	Число	0.000000	16.000000

Both windows have buttons for 'Просчитать дерево' (Calculate tree), 'Cancel', and 'Далее' (Next).

Рисунок 5 – Форма експертної програми для введення вихідних даних

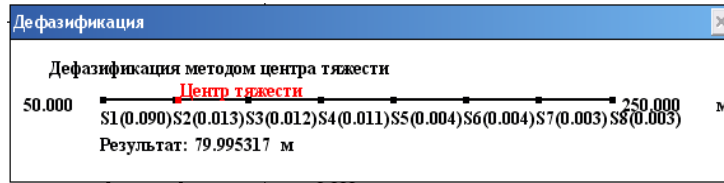


Рисунок 6 – Форма перетворення нечіткої інформації в чітку за принципом «центру ваги» – дефазифікація. Дальність видимості за розробленою експертною програмою складає 80 м.

Для перевірки адекватності програми в цих умовах проведено експеримент - визначена дальність видимості, яка склала 78,4 м. Похибка експертної програми склала 2%. Визначимо орієнтовну допустиму швидкість руху автомобіля, яка відповідає дальності видимості з умови рівності відстані видимості шляхові зупинки автомобіля:

$$V_{\text{д}} = 3,6 \cdot j \cdot T \cdot \left(\sqrt{\frac{2S_{\text{в}}}{j \cdot T^2} + 1} - 1 \right) = 88,8 \text{ км/год.}, \quad (1)$$

де $S_{\text{в}}$ – дальність видимості, м;
 j – сповільнення при гальмуванні – 6,7 м/с²;
 T – час, необхідний для приведення гальмової системи в дію, с:

$$T = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 = 1,4 \text{ с}, \quad (2)$$

де t_1 – час реакції водія при вирішенні питання про відповідність швидкості видимості дороги – 1,0 с;
 t_2 – час запізнювання спрацьовування гальмової системи – 0,2 с;
 t_3 – час наростання сповільнення при гальмуванні – 0,4 с;

Максимально допустима швидкість руху, яка відповідає загальній видимості дороги, рівній 80 м, складає 88,8 км/год., що більше швидкості 84 км/год., з якою рухався автомобіль ВАЗ–2110. Небезпека настала в момент зміни пішоходом напрямку руху. Відстань, на якій знаходився автомобіль від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху (3):

$$V_{\text{н}} = \frac{V_{\text{а}}}{V_{\text{б}}} \cdot S_{\text{н}} = 28 \div 42 \text{ м}, \quad (3)$$

де $V_{\text{а}}$ – швидкість руху автомобіля – 84 км/год.;
 $V_{\text{б}}$ – швидкість руху пішохода – 8 ÷ 12 км/год.;
 $S_{\text{н}}$ – шлях, який подолав пішохід з моменту виникнення небезпеки для руху до моменту наїзду – 4 м.

Отже, в момент виникнення небезпеки для руху автомобіль знаходився від місця наїзду на відстані 28 ÷ 42 м. Визначимо шлях, який необхідний для зупинки автомобіля:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_{\text{а}}}{3,6} + \frac{V_{\text{а}}^2}{26 \cdot j} = 73,2 \text{ м}, \quad (4)$$

де t_1 – ситуаційний час реакції водія в наведеній дорожній ситуації – 0,6 с.

Шлях, необхідний для зупинки автомобіля, при швидкості руху 84 км/год. складає 73,2 м, що більше відстані на якій він знаходився від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху. Отже в момент виникнення небезпеки для руху водій не мав технічної можливості шляхом гальмування уникнути наїзду на пішохода.

Висновки. Для зменшення невизначеності вихідних даних при автотехнічній експертизі ДТП запропоновано використання нечіткої експертної інформації про значення факторів впливу на дальність видимості з удосконаленого протоколу огляду місця ДТП. Вихідні дані можуть задаватися числом, термом або за принципом “термометра”, коли експерт не в змозі оцінити змінну ні числом, ні якісним термом, а лише інтуїтивно відчуває її рівень. Удосконалена методика та розроблена експертна програма дозволяють визначати дальність видимості в конкретних дорожніх умовах використовуючи удосконалений протокол ДТП і зменшити час, який витрачається експертом–автотехніком для поглибленого аналізу, допиту учасників пригоди та свідків, проведення натурного слідчого експерименту. Застосування експертної програми дасть змогу суттєво зменшити об’єм досліджень, підвищити об’єктивність прийняття рішення.

Список літератури: 1. Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем Державної автомобільної інспекції України, Аварійність на автошляхах України. Режим доступу : <http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm>. – Дата звертання : 28 січня 2015. 2. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод. / П. В. Галаса, В. Б. Кисельов, А. С. Куйбіда [та інші]; за заг. ред. П. В. Галаси – К. : Експерт-сервіс, 1995. – 192 с. 3. Использование специальных познаний в расследовании дорожно-транспортных происшествий / [Кривицкий А. М., Шапоров Ю. И., Фальковский В. В. и др.] : под общ. ред. : канд. техн. наук Кривицкого А. М. и канд. юрид. наук Шапорова Ю. И. – Мн. : Харвест, 2004. – 128 с. 4. Кужель В. П. Оцінка дальності видимості дорожніх об’єктів у темну пору доби при експертизі ДТП за допомогою нечіткої логіки / В. П. Кужель // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – №41. – С. 91 – 95. 5. Кашканов А.А. Методика зменшення невизначеності в задачах автотехнічної експертизи ДТП, які сталися в темну пору доби / А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2009. – № 2(9). – С. 102 – 106. 6. Волков В.П. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях. Монография / В.П. Волков., В.Н. Торлин, В.М. Мищенко, Кашканов А.А. и др. Харьков.: ХНАДУ. 2010. – 476 с. 7. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации : нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : Універсум. – 1999. – 320 с. 8. Ротштейн О. П. Ідентифікація нелінійних об’єктів нечіткими базами знань / О. П. Ротштейн, Д. І. Кательніков // Вісник ВПІ. – 1997. – №4. с. 98–103. 9. Суворов Ю. Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП : Учеб. пособие / Ю. Б. Суворов. – М.: «Экзамен», «Право и закон», 2003. – 208 с. 10. Левитин К.М. Безопасность движения автомобилей в условиях ограниченной видимости / К.М. Левитин. - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1986. – 166 с.

- Bibliography (transliterated):** 1. Centr bezpeky` dorozhn`ogo ruxu ta avtomaty`zovany`x sy`stem Derzhavnoyi avtomobil`noyi inspekciyi Ukrainy`, Avarijnist` na avtoshlyaxax Ukrainy`. Rezhy`m dostupu : <http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm>. – Data zvertannya : 28 sichnya 2015. 2. Ekspertny`j analiz dorozhn`o-transportny`x pry`god. / P. V. Galasa, V. B. Ky`sel`ov, A. S. Kujbida [ta inshi]; za zag. red. P. V. Galasy` – K. : Ekspert-servis, 1995. – 192 p. 3. Ispol'zovanie special'nyh poznanij v rassledovanii dorozhno-transportnyh proisshestvij / [Krivickij A. M., Shaporov Ju. I., Fal'kovskij V. V. i dr.] : pod obshh. red. : kand. tehn. nauk Krivickogo A. M. i kand. jurid. nauk Shaporova Ju. I. – Mn. : Harvest, 2004. – 128 p. 4. Kuzhel` V. P. Ocinka dal`nosti vy`dy`mosti dorozhnix ob'yektiv u temnu poru doby` pry` eksperty`zi DTP za dopomogoyu nechitkoyi logiky` / V. P. Kuzhel` // Vestny`k Xar`kovskogo nacy`onal`nogo avtomoby`l`no-dorozhnogo uny`versy`teta. – 2008. – No 41. – p. 91 – 95. 5. Kashkanov A.A. Metody`ka zmeshennya nevy`znachenosti v zadachax avtotexnichnoyi eksperty`-zy` DTP, yaki staly`sya v temnu poru doby` / A. A. Kashkanov, V. P. Kuzhel`. – Visti Avtomobil`no-dorozhn`ogo insty`tutu. – 2009. – No 2(9). – p. 102 – 106. 6. Volkov V.P. Sovershenstvovanie metodov avtotekhnicheskoy ekspertizy pri dorozhno-transportnyh proisshestvijah. Sovershenstvovanie metodov avtotekhnicheskoy ekspertizy pri dorozhno-transportnyh proisshestvijah. Monografija / V.P. Volkov., V.N. Torlin, V.M. Mishhenko, Kashkanov A.A. i dr. Kharkov.: KhNADU. 2010. – 476 p. 7. Rotshtejn A. P. Intellektual'nye tehnologii identifikacii : nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, nejronnye seti / A. P. Rotshtejn. – Vinnica : Universum. – 1999. – 320 p. 8. Rotshtejn O. P. Identy`fikaciya nelinejny`x ob'yektiv nechitky`my` bazamy` znan` / O. P. Rotshtejn, D. I. Katyel`nikov // Visny`k VPI. – 1997. – No 4. p. 98–103. 9. Suvorov Ju. B. Sudebnaja dorozhno-transportnaja jekspertiza. Sudebno-jekspertnaja ocenka dejstvij voditelej i drugih lic, otvetstvennyh za obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija, na uchastkah DTP : Ucheb. posobie / Ju. B. Suvorov. – Moscow.: «Jekzamen», «Pravo i zakon», 2003. – 208 s. 10. Levitin K.M. Bezopasnost' dvizhenija avtomobilej v uslovijah ogranichennoj vidimosti / K.M. Levitin. - 2-e izd. pererab. i dop. – Moscow.: Transport, 1986. – 166 s.

Надійшла (received) 02.02.2015