

УДК 621.345.27

Сергій ОСТАШЕВСЬКИЙ,
доктор технічних наук, доцент
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

Ігор ШАША,
доктор технічних наук, професор
Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Едуард ПОЛТАВСЬКИЙ,
Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ГАЛЬМІВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

У статті розглянуто актуальне питання забезпечення безпеки дорожнього руху в Україні. Проаналізовано практику застосування різних теорій та систем аналізу причин дорожньо-транспортних пригод, а також інтелектуальних систем прийняття рішень на основі обмеженої інформації. Розглянуто та обґрунтовано необхідність удосконалення методу оцінки експлуатаційних гальмових властивостей автомобіля в дорожніх умовах на основі теорії нечіткої логіки. Для цього розкрито методику та побудовано модель оцінки коефіцієнта зчеплення та гальмових моментів автомобіля.

Ключові слова: гальмівні властивості автомобіля, дорожньо-транспортні пригоди, нечітка логіка.

© Осташевський С., Шаша І., Полтавський Е.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сучасному етапі розвитку України чітко простежуються тенденції зростання кількості транспортних засобів на дорогах та погіршення якості дорожніх покриттів. Це є однією з причин підвищення рівня аварійності на шляхах країни.

Відомо, що основним фактором попередження дорожньо-транспортних пригод (ДТП) є процес гальмування [1].

Аналіз ДТП, що проведений провідними науковцями у даній галузі протягом останніх 10–15 років, дає підстави стверджувати, що для їх попередження в 76 % випадків використовувались гальмові системи [2].

Базуючись на цих статистичних даних, можна виділити основні задачі оцінки гальмових властивостей автомобіля:

- визначення коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорогою;
- прогнозування гальмівного та зупиночного шляху автомобіля;
- прогнозування величин гальмових моментів на колесах автомобіля в момент аварійної ситуації;
- оцінка зміни траєкторії руху автомобіля при гальмуванні.

Кожна з задач оцінки гальмових властивостей автомобіля при аналізі ДТП може розглядатися як пошук відображення

$$X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*) \rightarrow Y_j \in Y = (y_-, y^-), \quad (1)$$

де X^* – множина факторів впливу для конкретної задачі; Y – множина рішень про значення конкретної вихідної величини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв’язання даної проблеми і на які посилаються автори. Незважаючи на велику кількість публікацій з теорії та застосування систем аналізу причин ДТП, а також інтелектуальних систем прийняття рішень [3–5], зараз відсутні зручні інструментальні засоби, які дозволяють створювати такі системи і впроваджувати їх у практику аналізу. На наш погляд, це обумовлено такими причинами:

1. Для прийняття об’єктивного рішення про причини ДТП необхідно враховувати дуже велике число факторів впливу. Крім того, у більшості ДТП одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв’язків.

2. Відсутні аналітичні залежності між факторами впливу (причинами) і відповідним наслідком або існують великі труднощі при застосуванні відомих, оскільки ці фактори можуть бути як кількісними (швидкість руху автомобіля, маса вантажу, тиск у шинах), так і якісними (тип шин, вид і стан дорожнього покриття). Крім того, інформація про кількісні величини часто буває подана в лінгвістичній формі.

3. Основні труднощі розв'язання задачі оцінки траєкторії руху автомобіля полягають у тому, що на даний час в теорії автомобіля детально розглянуто лише випадок гальмування з повним використанням сил зчеплення.

У цих умовах стає очевидною актуальність удосконалення методу оцінки експлуатаційних гальмових властивостей автомобіля в дорожніх умовах на нечіткій логіці.

До недавнього часу теорія нечітких множин розвивалася в основному в математичному аспекті. Останнім часом з'явилися публікації про застосування цієї теорії в традиційних для складних систем задачах проектування та управління [6]. У низці публікацій згадується про доцільність застосування теорії нечітких множин для подання та використання знань [7]. Проте систематичне викладення математичних моделей, алгоритмів та принципів їх застосування в аналізі причин ДТП нам не відоме.

Метою даної статті є розглянути та обґрунтувати необхідність удосконалення методу оцінки експлуатаційних гальмових властивостей автомобіля в дорожніх умовах на основі теорії нечіткої логіки.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для якісного розгляду та розкриття процедури обґрунтування необхідності удосконалення методу оцінки експлуатаційних гальмових властивостей автомобіля у вищезазначених умовах розкриємо загальну методіку побудови моделі.

Для оцінки гальмових властивостей автомобіля в дорожніх умовах необхідно знати кількісні значення коефіцієнта зчеплення та гальмового моменту на кожному з коліс автомобіля. При розробці моделі оцінки коефіцієнта зчеплення та гальмових моментів доцільно використовувати метод ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими база-

ми знань, який складається з двох етапів: перший етап – структурна ідентифікація, другий етап – параметрична ідентифікація.

На першому етапі будується структурна факторна залежність коефіцієнта зчеплення чи гальмових моментів із застосуванням експертних правил “якщо – то”.

На другому етапі здійснюється настройка моделі шляхом підбору таких параметрів форми функцій належності нечітких термів і таких ваг правил “якщо – то”, які б забезпечували максимальну близькість модельних і експериментальних результатів.

На етапі структурної ідентифікації будемо використовувати узагальнений елемент логічного виводу. Цей елемент описує залежність $y = f_j(x_1, x_2, \dots, x_n)$ між причинами $x_i (i = 1, n)$ і наслідком y у вигляді системи нечітких логічних висловлювань (бази знань):

$$\begin{aligned} &\text{ЯКЩО } [(x_1 = X_1^{j1})I(x_2 = X_2^{j1})I\dots(x_n = X_n^{j1})] \text{ (з вагою } a_{j1}) \\ &\text{АБО } [(x_1 = X_1^{j2})I(x_2 = X_2^{j2})I\dots(x_n = X_n^{j2})] \text{ (з вагою } a_{j2})\dots \\ &\text{АБО } [(x_1 = X_1^{jK_j})I(x_2 = X_2^{jK_j})I\dots(x_n = X_n^{jK_j})] \text{ (з вагою } a_{jK_j}), \end{aligned} \tag{2}$$

$$\text{ТО } y = Y_j, j = \overline{1, m},$$

де Y_j – нечіткий терм для оцінки j -го рівня вихідної змінної y ; m – кількість термів для оцінки змінної y ; X_i^{jp} – нечіткий терм для оцінки вхідної змінної x_i в p -му ряду матриці знань, що відповідає терму Y_j , $p = \overline{1, K_j}$; K_j – кількість рядків, що відповідають терму Y_j ; a_{jp} – вага експертного правила з номером j_p .

Дискретизація неперервного виходу відбувається за правилом

$$\left[\begin{array}{c} \underline{y}, \overline{y} \\ \underline{\quad} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \underline{y}, y_1 \\ \underline{\quad} \\ \underline{y_1} \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{c} \underline{y_1}, y_2 \\ \underline{\quad} \\ \underline{y_2} \end{array} \right] \cup \dots \cup \left[\begin{array}{c} \underline{y_{m-1}}, \overline{y} \\ \underline{\quad} \\ \underline{y_m} \end{array} \right], \tag{3}$$

Системі висловлювань (2) відповідає такий взаємозв'язок функцій належності змінних y та x_i , $i = \overline{1, n}$:

$$\mu^{Y_j}(y) = a_{j1} [\mu^{j1}(x_1)] \wedge \mu^{j1}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{j1}(x_n) \vee,$$

$$a_{j2} [\mu^{j2}(x_1) \wedge \mu^{j2}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{j2}(x_n)] \vee \dots$$

$$a_{jp} [\mu^{jp}(x_1) \wedge \mu^{jp}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{jp}(x_n)], \quad j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

де $\mu^{Y_j}(y)$ і $\mu^{j_p}(x_i)$ – функції належності змінних y та x_i до термів Y_j і $X_i^{j_p}$ відповідно.

Функції належності змінної x до довільного нечіткого терму T будемо визначати за допомогою узагальненої моделі [10]

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-b}{c}\right)^2}, \quad (5)$$

де b і c – параметри настройки, які мають таку інтерпретацію: b – координата максимуму функції, $\mu^T(x) = 1$; c – коефіцієнт концентрації – розтягування функції (рис. 1).

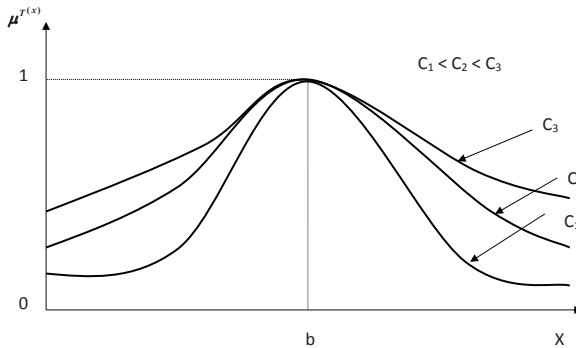


Рис. 1. Модель функцій належності

Нечіткі логічні рівняння (4) отримані з бази знань (2) шляхом заміни змінних x_i на їх функції належності (5), а операції I (АБО) – на операції \wedge (\vee). Зважаючи на те що операціям \wedge (\vee) у теорії нечітких множин відповідають операції \min (\max), із (4) одержуємо:

$$\mu^{Y_j}(y) = \max_{p=1, k, j} \left[a_{jp} \cdot \min_{i=1, n} \mu^{jp}(x_i) \right], \quad j = \overline{1, m}. \quad (6)$$

Перетворення нечіткого рішення (6) у чітку форму відбувається за принципом “центру ваги” [10]:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m \left[y_{-} + (j-1) \cdot \frac{y_{-} - y_{+}}{m-1} \right] \cdot \mu^{y_j}(y)}{\sum_{j=1}^m \mu^{y_j}(y)}, \quad (7)$$

де y_{-} (y_{+}) – нижнє (верхнє) значення змінної y (коефіцієнта зчеплення чи гальмового моменту).

На етапі параметричної ідентифікації узагальнену модель об’єкта, яку визначають співвідношення (5), (6), (7), необхідно записати у вигляді:

$$y = F(X, A, B, C), \quad (8)$$

де $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вхідний вектор; $A = (a_1, a_2, \dots, a_N)$ – вектор ваг правил-рядків в нечіткій базі знань (2); $B = (b_1, b_2, \dots, b_q)$ та $C = (c_1, c_2, \dots, c_q)$ – вектори параметрів настройки функцій належності нечітких термів, які входять у базу знань; N – загальна кількість правил-рядків; q – загальна кількість термів; F – оператор зв’язку вхід-вихід, який відповідає співвідношенням (5), (6), (7).

Навчальну вибірку необхідно задати у вигляді M пар експериментальних даних:

$$\{X_p, y_p\}, p = \overline{1, M}, \quad (9)$$

де $X_p = (x_1^p, x_2^p, \dots, x_n^p)$ – вхідний вектор у p -й парі; y_p – відповідний вихід.

Для знаходження вектора невідомих параметрів (A, B, C) , які мінімізують розбіжність модельних (8) та експериментальних (9) виходів об’єкта, використовуємо метод найменших квадратів. Задача настройки нечіткої моделі полягає у знаходженні такого вектора (A, B, C) , який задовольняє обмеження

$$a_i \in \left[\underline{a_i}, \overline{a_i} \right], i = \overline{1, N}, b_j \in \left[\underline{b_j}, \overline{b_j} \right], c_j \in \left[\underline{c_j}, \overline{c_j} \right], j = \overline{1, q}$$

і забезпечує

$$\sum_{p=1}^M [F(X_p, A, B, C) - y_p]^2 = \min_{A, B, C} . \quad (10)$$

Для вирішення цієї нелінійної задачі оптимізації можуть бути використані різні методи, серед яких досить простим і універсальним є найшвидший спуск.

Нехай $y_F(X, M)$ – нечітка модель об'єкта після настройки, яка отримана за допомогою навчальної вибірки об'ємом M . Для оцінки якості нечіткої моделі використаємо такий критерій:

$$R = \sqrt{\frac{1}{|\{X_i\}|} \sum_{\{X_i\}} [y_F(X_i, M) - \bar{y}_i]^2} , \quad (11)$$

де $y_F(X_i, M)$ та y_i – модельний та експериментальний виходи в точці $X_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i) \in [x_{1-}, \bar{x}_1] \times [x_{2-}, \bar{x}_2] \times \dots \times [x_{n-}, \bar{x}_n]$ відповідно: $\{X_i\}$ – множина входів типу X_i ; $|\{X_i\}|$ – потужність множин $\{X_i\}$.

Цей критерій (11) має сенс середньоквадратичного відхилення теоретичного та експериментального виходів об'єкта на один елемент вхідного простору. Залежність цього критерію R від обсягу вибірки M характеризує динаміку навчання нечіткої моделі.

Надалі необхідно провести аналіз і відбір факторів, що впливають на коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою. Одним з найважливіших факторів, що впливають на експлуатаційні властивості автомобіля і, як наслідок, на безпеку дорожнього руху, є коефіцієнт зчеплення колеса з дорожнім покриттям. Він являє собою відношення максимальної дотичної реакції R_{\max} у зоні контакту до нормальної реакції R_z (навантаження G_k), яка діє на колесо:

$$\varphi = \frac{R_{\max}}{G_k} . \quad (12)$$

Високі значення коефіцієнта зчеплення (0,6–0,8) відповідають підвищеній надійності і безпеці дорожнього руху автомобіля.

Аналіз багатолітніх досліджень різних фахівців, проведених у даному напрямі, свідчить, що на величину коефіцієнта зчеплення впливають не тільки характеристики покриття, але і, зокрема, властивості шин, конструктивні особливості автомобіля, погодні умови тощо.

Найбільш впливовішими з них є: тип дорожнього покриття, стан дорожнього покриття, тип шин (табл. 1), швидкість автомобіля (табл. 2), зношеність шин, внутрішній тиск в шині, вертикальне навантаження на колесо, сковзання шин тощо.

Отже, задача знаходження коефіцієнта зчеплення зводиться до пошуку багатофакторної залежності $\phi = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Відтворення цієї залежності на основі математичного апарату теорії нечітких множин наведено вище.

Успішне використання теорії нечітких множин передбачає наявність так званих функцій належності, за допомогою яких лінгвістична інформація перетворюється на форму, можливу для обробки, наприклад, на ЕОМ.

Таблиця 1

**Коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям
різного виду та стану**

Дорожнє покриття		Коефіцієнт зчеплення для шин		
Вид	Стан	високого тиску	низького тиску	високої прохідності
Асфальтобетон, бетон	Сухий	0,5–0,7	0,7–0,8	0,7–0,8
	Мокрий	0,35–0,45	0,45–0,55	0,5–0,6
	Покритий брудом	0,25–0,45	0,25–0,4	0,25–0,45
	Ожеледиця	0,08–0,15	0,1–0,2	0,05–0,1
Булижник, щебінь	Сухий	0,4–0,6	0,5–0,7	0,6–0,7
	Мокрий	0,3–0,4	0,40–0,5	0,4–0,55
Ґрунтова дорога	Суша	0,40–0,5	0,5–0,6	0,5–0,6
	Змочена	0,2–0,4	0,3–0,45	0,35–0,5

Таблиця 2

Вплив швидкості руху на величину коефіцієнта зчеплення

Тип покриття	Швидкість руху, км/г									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Величина φ в % від його початкової величини										
Цементобетон	100	93	90	83	77	70	68	67	63	60
Асфальтобетон	100	92	83	76	69	64	57	52	52	50

У загальному випадку функції належності можуть бути отримані спеціально розробленими методами, серед яких найбільшого розповсюдження набули метод статистичної обробки експертної інформації та метод парних порівнянь. Відомо, що нечіткі множини, з якими доводиться оперувати при розв'язанні більшості практичних задач, є унімодалними і нормальними. Одним з можливих методів апроксимації унімодалних і нормальних нечітких множин є апроксимація за допомогою функцій $(L - R)$ типу. Проте застосування $(L - R)$ функцій пов'язано з трудомісткою процедурою підбору невідомих параметрів на основі експертної інформації. Тому виникає задача побудови функцій належності в умовах мінімуму вихідних даних:

назва параметра $x_i, i = \overline{1, n}$;

діапазон $\left[\underline{x}_i, \overline{x}_i \right]$ зміни параметра $x_i, x_i \left(\frac{\underline{x}_i}{\overline{x}_i} \right)$ - його нижнє (верхнє)

значення;

кількість термів, що використовуються для лінгвістичної оцінки параметра x_i ;

назва всіх лінгвістичних термів.

Фактори впливу на коефіцієнт зчеплення будемо розглядати як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах і оцінюються нечіткими термами (табл. 3).

Фактор впливу N – навантаження на колесо, який входить до таблиці 3, визначається відсотком використання вантажопідйомності ав-

томобіля. Якщо автомобіль був у спорядженому стані (без вантажу), то $N=0$ %, а при повному завантаженні $N=100$ %.

Таблиця 3

Фактори впливу на коефіцієнт зчеплення

Фактор	Універсальна множина	Терми для оцінок
Q – інтегральний показник “тип шин – дорога”	(0–9) у.о.	низький (Q1) нижче середнього (Q2) середній (Q3) вище середнього (Q4) високий (Q5)
S – ступінь проковзання шини	(0–100) %	кочення з проковзанням (S1) юз (S2)
H – зношеність шини	(0–100) %	нова (H1) в межах допустимого (H2) зношена (H3)
P – тиск у шині	(0,1–0,325) МПа	понижений (P1) нормальний (P2) підвищений (P3)
H – навантаження на колесо	(0–100) %	без навантаження (N1) середнє (N2) повне (N3)
V – швидкість автомобіля	(0–130) км/г	низька (V1) нижче середньої (V2) середня (V3) вище середньої (V4) висока (V5)

Інтегральний показник Q залежить від таких факторів:

D_1 – тип дорожнього покриття;

D_2 – стан дорожнього покриття;

T – тип шин.

Рекомендації для оцінки величин інтегрального показника Q за відсутності точних даних про фактори впливу наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Рекомендації для оцінки інтегрального показника Q

Дорожнє покриття		Показник Q для типу шин (T)		
Тип (D1)	Стан (D2)	високого тиску	низького тиску	високої прохідності
Асфальто-бетонне, цементобетонне	Сухе	5,63–7,88	7,88–9,0	7,88–9,0
	Зволожено	3,1–4,33	4,33–4,95	4,33–4,95
	Мокре	3,94–5,06	5,06–6,19	5,63–6,75
	Вкрите брудом	2,81–5,06	2,81–4,5	2,81–5,06
	Мокрий сніг ($t > 00C$)	2,1–3,4	2,1–4,2	2,1–4,2
	Ожеледиця ($t < 00C$)	0,9–1,69	1,13–2,25	0,56–1,13

Розглянемо різні за своєю природою лінгвістичні змінні на єдиній універсальній множині $U = [U, \bar{U}]$. Наприклад, при оцінці інтегрального показника Q з табл. 4 видно: ЯКЩО D1= асфальтобетон, D2= зволожений дощем і T= високої прохідності, ТО $U = Q_{\min} = 4,33$; $\bar{U} = Q_{\max} = 4,95$.

Для побудови функцій належності нечітких термів скористаємося узагальненою моделлю (5). Знаючи діапазони зміни усіх факторів впливу, відберемо попередні значення параметрів настройки функцій належності (b і c) таким чином: на основі даних табл. 3 діапазони зміни кожного фактора ділимо на відповідну кількість термів, середини отриманих будуть попередніми значеннями параметра b ; параметр c вибираємо з урахуванням розмірності факторів. Величини цих параметрів зведемо в табл. 5.

Черговим етапом стане розробка бази знань і навчальної вибірки для моделі коефіцієнта зчеплення.

Структуру моделі коефіцієнта зчеплення можна подати у вигляді дерева цілі, висячими вершинами якого є фактори впливу (рис. 2). Центральним вузлом на структурі моделі зображена залежність виду

$$\varphi = f_{\varphi}(Q, S, H, P, N, V), \quad (13)$$

Таблиця 5

Параметри функцій належності до настійки моделі

Терми	b	c	Терми	b	c	Терми	b	c
Q_1	0,9	1,00	H_1	17,0	17,0	N_2	50,0	17,0
Q_2	2,7	1,00	H_2	50,0	17,0	N_3	83,0	17,0
Q_3	4,5	1,00	H_3	83,0	17,0	V_1	13,0	15,0
Q_4	6,3	1,00	P_1	0,12	0,02	V_2	39,0	15,0
Q_5	8,1	1,00	P_2	0,2	0,02	V_3	65,0	15,0
S_1	20,0	100,0	P_3	0,3	0,02	V_4	91,0	15,0
S_2	99,0	20,0	N_1	17,0	17,0	V_5	117,0	15,0

Для побудови матриці знань за оцінкою коефіцієнта зчеплення залежно від факторів впливу необхідно подати залежність (13) у вигляді лінгвістичних висловлювань типу ЯКЩО – ТО, які використовують операції І – АБО за допомогою введених терм-оцінок змінних (табл. 3).

Оскільки на практиці величина коефіцієнта зчеплення (φ) змінюється в інтервалі $(0..0.8]$, розіб'ємо цей інтервал на 8 рівних підінтервалів (рівнів):

$$(0..0.8] = \left(\frac{0..0.1}{\varphi_1} \right) \cup \left(\frac{0.1..0.2}{\varphi_2} \right) \cup \dots \cup \left(\frac{0.6..0.7}{\varphi_7} \right) \cup \left(\frac{0.7..0.8}{\varphi_8} \right).$$

Перелічені рівні $\varphi_1 \div \varphi_8$ будемо вважати типами рішень, які необхідно розпізнати.

Задача визначення коефіцієнта зчеплення полягає в тому, щоб для кожної комбінації значень параметрів (факторів) поставити у відповідність одне з рішень $\varphi_j, j = 1, 8$, а потім дефазифікувати його.

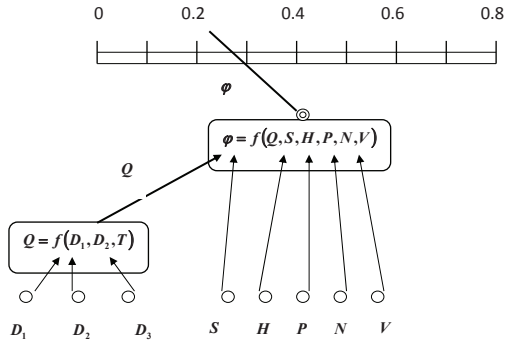


Рис. 2. Структура моделі визначення коефіцієнта зчеплення

Перспективи подальшого напрямку досліджень. Для остаточної побудови бази знань і навчальної вибірки необхідно провести натурний експеримент визначення гальмового шляху автомобіля. Після цього необхідно здійснити настройку моделі на прийняття адекватного рішення, що полягає в підборі таких значень параметрів настройки b і c , які б давали мінімальне розходження прийнятих рішень з експериментальними даними. Отримана модель повинна суттєво звужувати (відносна похибка прогнозу $\leq 3\%$) інтервал невизначеності при знаходженні величини коефіцієнта зчеплення.

Висновки. Оскільки основним фактором попередження ДТП є процес гальмування, розробка методів оцінки гальмових властивостей пов'язана, перш за все, із забезпеченням безпеки дорожнього руху з метою визначення найбільш ефективних напрямів боротьби з аварійністю. Особливу увагу в проблемі оцінки гальмових властивостей привертає те, що в теорії автомобіля, яка є теоретичною основою для відновлення механізму пригоди, детально вивчено лише випадок екстреного гальмування. Крім того, збільшенню суб'єктивізму при аналізі пригод сприяє неточність вихідних даних, які часто носять якісний характер.

Ураховуючи важливість наслідків прийняття рішення про причини й умови, що сприяли виникненню ДТП, актуальним є питання удос-

коналення методу оцінки експлуатаційних гальмових властивостей автомобіля в дорожніх умовах навіть за наявності неточних вихідних даних. Вирішенню цього важливого питання і присвячено дану статтю.

Список використаної літератури

1. Туренко А.М. Оцінка ефективності гальмування транспортного засобу в структурі дослідження дорожньо-транспортної пригоди : монографія / А. М. Туренко, О. В. Сараєв. – Харків : ХНАДУ, 2015. – 360 с.
2. Туренко А. М. Исследование тормозной динамики автомобиля при анализе дорожно-транспортного происшествия / А. Н. Туренко, В. И. Клименко и др. // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – 2010. – Вып. 26. – С. 17–22.
3. Шаша И. К. Совершенствование системы оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности дорожного движения // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета; сб. научных трудов. – Харьков : ХНАДУ, 2013. Вып. 61-62. – С. 81-85.
4. Туренко А. М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для ВНЗ / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв та ін. – Х. : ХНАДУ, 2013. – 320 с.
5. Шаша І. К. Формування системи оцінювання рівня безпеки дорожнього руху / І. К. Шаша, Р. О. Гончар, В. О. Темніков // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – 2015. – Випуск 2 (26). – С. 47–50.
6. Шаша И. К. Выбор критерия оценки эксплуатационной надежности автомобилей / И. К. Шаша, А. О. Иванченко, И. В. Рогозин // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків : Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – Вип. 3 (40). – С. 149–151.
7. Говорущенко Н. Я. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте. Монография / Н. Я. Говорущенко, В. П. Волков, И. К. Шаша. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2007. – 361 с.

Осташевский С., Шиша И., Полтавский Е. Усовершенствование метода оценки тормозных свойств автомобиля

В статье рассмотрен актуальный вопрос обеспечения безопасности дорожного движения в Украине. Проанализирована практика применения различных теорий и систем анализа причин дорожно-транспортных

происшествий, а также интеллектуальных систем принятия решений на основе ограниченной информации. Рассмотрена и обоснована необходимость усовершенствования метода оценки эксплуатационных тормозных свойств автомобиля в дорожных условиях на основе теории нечеткой логики. Для этого раскрыты методика и построена модель оценки коэффициента сцепления и тормозных моментов автомобиля.

Ключевые слова: *тормозные свойства автомобиля, дорожно-транспортные происшествия, нечеткая логика.*

Ostashewski S., Shasha I., Poltavski E. **Improvement of evaluation method of brake properties of the car**

At the present stage of development of Ukraine are clearly identifiable growth trends in the number of vehicles on the roads and the deterioration of road surfaces. This is one of the reasons for the increase in the level of accidents on country roads.

Despite the large number of publications on the theory and application of systems analysis of the causes of road accidents as well as intellectual decision-making systems, there are no convenient tools to create such systems and implement them in practice of this analysis.

The purpose of this article is to examine and substantiate the necessity of improving the method for evaluating the operational brake properties of the car in road conditions based on the theory of fuzzy logic. To do this, analyzed the practice of application, of various theories and systems of analysis of the causes of road accidents, as well as intellectual systems of decision-making based on limited information. Considered and the necessity of improving the method for evaluating the operational brake properties of the car in road conditions based on the theory of fuzzy logic. This disclosed method and a model of evaluation of the coefficient of friction and braking moments to the vehicle.

For the final build knowledge base and nasals sampling is appropriate to conduct experiments determining the braking distance of the car. After that, you must set a model on the adoption of adequate solutions, which consists in selecting such values of the parameters of the setting items of the model that give the minimum difference of the adopted solutions with the experimental data.

Keywords: *braking properties of the vehicle, road accidents, fuzzy logic.*