УДК 629.017

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ ПРИ АНАЛІЗІ ДОРОЖНЬО – ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

І.К. Шаша
Доктор технічних наук, доцент, полковник міліції
Харківський національний університет внутрішніх справ
пр. 50-річчя СРСР, 27, м. Харків, 61080
Контактний тел.: (057) 704-24-66, 097-943-65-64
E-mail: igor_shasha@mail.ru

В.В. Сікоринський
Старший викладач, майор
Кафедра експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин
Академія внутрішніх військ МВС України
пл. Повстання, 3, м. Харків, 61001
Контактний тел.: 098-240-22-22

Статтю присвячено актуальній темі аналізу причинно-наслідкових зв'язків виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Визначено основні задачі по побудові системи оцінок впливу експлуатаційних властивостей автомобіля на важкість їх наслідків

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, гальмування, коефіцієнт зчеплення

Статья посвящена актуальной теме анализа причинно-следственных связей возникновения дорожно-транспортных происшествий. Определены основные задачи построения системы оценок влияния эксплуатационных свойств автомобиля на тяжесть их последствий

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, торможение, коэффициент сцепления

This article is devoted to the urgent topic analyzing cause-and-effect relation of traffic accidents' origin. The main tasks of construction the system of appraisal of vehicle's exploitation characteristics' influence on the heaviness of their consequences are defined

Key words: traffic accident, braking, coefficient of grip

1. Вступ

При аналізі причин виникнення ДТП здійснюється комплексне науково – технічне та правове дослідження всіх аспектів кожної пригоди окремо. Як відомо, кожна ДТП має свої певні особливості, при чому в більшості пригод одночасно діють декілька видів причинно – наслідкових зв'язків. Це ускладнює аналіз причин виникнення ДТП і зумовлює необхідність шляхом інженерного аналізу встановлювати частинні технічні, причинно-наслідкові, функціональні, часові та інші зв'язки, що діяли в процесі пригоди. Великою мірою об'єктивність аналізу залежить від правильного вибору початкових даних та методики інженерного розрахунку.

Спираючись на статистичні дані аварійності в Україні, можна виділити основні задачі оцінки впливу гальмових властивостей автомобіля на важкість наслідків ДТП. До цих задач відносяться визначення коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорогою, прогнозування зупиночного шляху та величин гальмових моментів на колесах автомобіля при аварійній ситуації, оцінка траєкторії руху автомобіля при гальмуванні.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Оскільки аналіз причин виникнення ДТП передбачає прийняття відповідних рішень, то при вирішенні цього питання часто застосовується велика кількість формальних методів, що розроблено в рамках кібернетичної науки [1, 2]. Проте, судячи по публікаціям в спеціальній літературі з теорії та розрахунку автомобіля [3, 4], які є теоретичною основою дорожньої безпеки транспортних засобів, та по основам аналізу причин виникнення ДТП [5, 6, 7] найбільше розповсюдження отримали: імовірнісно-статистичний підхід, регресивний аналіз, метод фазового інтервалу. Однак, ці методи не пристосовані до роботи з якісними (нечисловими) та нечіткими знаннями, тобто знаннями, які задаються на при-

родній мові [8]. Проте, саме такі евристичні або інтуїтивні знання часто використовуються при аналізі причин виникнення ДТП.

3. Ціль дослідження

На основі даних про стан аварійності на дорогах країни необхідно розробити основні напрямки використання математичних методів для суб'єктивної оцінки (експерта, фахівця) експлуатаційних якостей автомобіля при аналізі ДТП. Особливість та складність цієї проблеми полягає в обмеженій здатності людини формувати абсолютне твердження, отримувати, усвідомлювати та запам'ятовувати обмежену кількість інформації. Вербальне перекодування може стати для певної категорії спеціалістів ефективним способом переробки лінгвістичної (мовної) інформації в конкретні наукові та інженерні висновки. Побудова моделей приблизних міркувань людини та їх використання на практиці складає одну з найважливіших проблем сучасної науки. Вирішенню питання математичної обробки нечислової (лінгвістичної) інформації про експлуатаційні якості автомобіля, що безпосередньо впливають на дорожню безпеку, присвячено дану статтю.

4. Принципи побудови моделей для оцінки експлуатаційних властивостей автомобіля

Дорожня безпека автомобіля суттєво залежить від конструкції гальмівних систем, які значною мірою впливають на середні швидкості руху в різних умовах експлуатації і в цілому ефективність роботи [2].

Критеріями ефективності робочої і запасної гальмівної систем в різних країнах світу є гальмівний шлях, гальмівна сила та уповільнення (максимальне або середнє). На ефективність гальмування суттєво впливають опір коченню, опір повітря та опір підйому. На уклоні до кінетичної енергії додається робота складової ваги автомобіля.

При гальмуванні рівняння руху можна записати таким чином:

$$j_a = \frac{q}{G_a}\left[G_a(f \pm i) + 0{,}077kFV_a^2 + P\right], \text{ м/с}^2 \qquad (1)$$

де j_a - прискорення автомобіля, м/с^2; G_a - вага автомобіля, Н; q - прискорення сили ваги, м/с^2; $(f \pm i)$ - сумарний опір дороги; kF - фактор опору повітря при русі, Н·с^2·м$^{-2}$; V_a - швидкість руху км/г; P - гальмова сила, Н.

Якщо прийняти, що $f \approx 0$ і $i \approx 0$ та не враховувати сили опору повітря, то при максимальному використанні гальмівної сили $(P = G_a \cdot \varphi)$ уповільнення автомобіля $j_a \approx \varphi \cdot q$ м/с^2, де φ - коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з дорогою.

Можна приблизно прийняти, що уповільнення автомобіля залежить тільки від коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою і у такому випадку гальмівний шлях буде дорівнювати:

$$S_T = V_a^2 / 2q\varphi = \frac{V_a^2}{254 \cdot \varphi} \text{ м} \qquad (2)$$

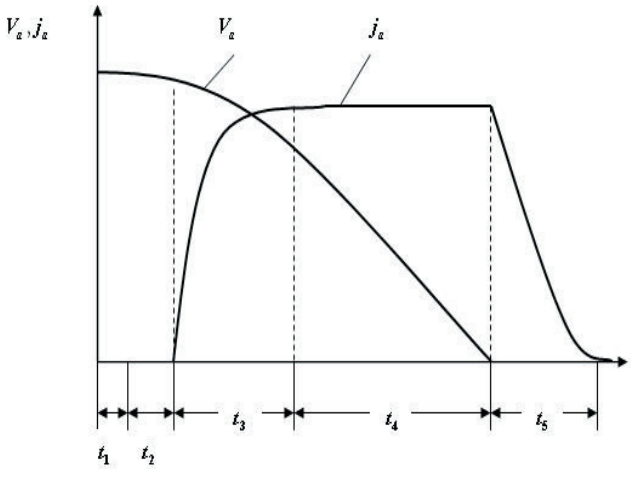

Рис. 1. Залежність швидкості уповільнення від часу гальмування: t_1 - час реакції водія, с; t_2 - час спрацьовування гальмового приводу, с; t_3 - час нарощування уповільнення ,с; t_4 - час гальмування з максимальною інтенсивністю, с; t_5 - час розгальмовування, с

Формула (2) справедлива при умові гальмування всіх коліс до юза і при правильному розподілі гальмових сил по колесах. Ця формула не враховує період $t_1 + t_2$ (рис. 1). Значну частину часу гальмування складає підготовчий період, при якому включається гальмова система.

Загальний час гальмування, починаючи з моменту виникнення уповільнення до повної зупинки, дорівнює

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \qquad (3)$$

а шлях гальмування

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = \frac{V}{3{,}6}(t_1 + t_2 + t_3) + V^2 / 254 \cdot \varphi \text{ м} \qquad (4)$$

Експлуатаційні дослідження доводять, що за час t_1, t_2 та t_3 автомобіль проходить значну частину гальмівного шляху. Крім цього на величину гальмівного шляху суттєво впливає вага автомобіля. При виводі формули (2) робилося припущення, що гальмування здійснюється на межі виникнення ковзання всіх коліс з повним використанням ваги автомобіля.

Коефіцієнт ковзання коліс λ змінюється від 0 до 1. При тяговому та гальмовому режимах при відсутності ковзання $\lambda = 0$. При повному ковзанні $\lambda = 1$.

На рис. 2 показано зміну коефіцієнту зчеплення φ на дорозі з бетонним покриттям в залежності від коефіцієнту ковзання.

Як видно з рис. 2, максимальне значення φ спостерігається при 20...30% ковзання. При 100 % буксуванні коефіцієнт зчеплення знижується до значення коефіцієнту тертя ковзання руху. Для різних дорожніх покрить коефіцієнт тертя ковзання змінюється в межах: 0,65 – 0,74 для сухої дороги та 0,52 – 0,71 для вологих доріг.

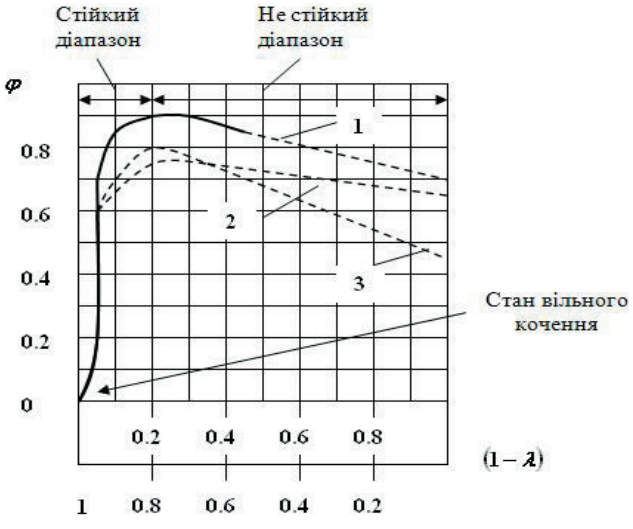

Рис. 2. Коефіцієнти зчеплення φ в залежності від коефіцієнта ковзання λ для різного стану бетонного покриття: 1 — сухого; 2 — мокрого; 3 — вологого та забрудненого

Якщо процес гальмування здійснюється без ковзання коліс, тоді:

$$S = \frac{G_a \cdot V_a^2}{2 \cdot g \cdot P_{\text{ГМ}} \cdot \lambda} \tag{5}$$

З формули (5) видно, що S збільшується з ростом ваги G_a і при зменшенні зусилля гальмівного механізму $P_{\text{ГМ}}$. При блокуванні коліс $S_\Gamma = V_a^2 / 254 \cdot \varphi$.

Формулу для визначення гальмівного шляху з урахуванням ваги автомобіля можна записати так:

$$S_\Gamma = \frac{V_a^2}{254 \cdot \left[\varphi \cdot (1-\lambda) + P_{\text{ГМ}} \cdot \lambda / G_a\right]} \tag{6}$$

В реальних умовах експлуатації коефіцієнт $(1-\lambda)$ повинен змінюватися в межах від 1 до 0,8. При значному зменшенні цього коефіцієнту наступає повне блокування коліс автомобіля.

Для подальшого викладення матеріалу наведемо деякі основні поняття теорії нечітких множин [9].

Нехай U - універсальна множина, тобто повна множина, що охоплює всю проблемну область. Нечітка підмножина F множини U визначається через функцію належності $\mu_F(u)$, де u - елемент множини, тобто $u \notin U$.

Функція належності відображає елементи із множини U на множину чисел в інтервалі $[0,1]$, які вказують ступінь належності кожного елемента $u \in U$ нечіткої множини $F \subset U$. Якщо універсальна підмножина U складається з кінцевого числа множин (або елементів) $u_1, u_2, \ldots u_n$, то нечітка множина F подається у вигляді:

$$F = \mu_F(u_1)/u_1 + \mu_F(u_2)/u_2 + \ldots + \\ + \mu_F(u_n)/u_n = \sum_{i=1}^{n} \mu_F(u_i)/u_i \tag{7}$$

У випадку неперервної множини U використовується наступне позначення:

$$F = \int_U \mu_F(u)/u \tag{8}$$

(Знаки Σ та $\int$ в формулах (7) та (8) позначають сукупність пар $\mu(u)/u$).

Операції доповнення, об'єднання та перетинання нечітких множин визначаються так:

1. Доповнення множин

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^{n} \left(1 - \mu_F(u_i)/u_i\right) \tag{9}$$

$$\mu_{\bar{F}}(u) = 1 - \mu_F(u) \tag{10}$$

2. Об'єднання множин

$$F \cup G = \sum_{i=1}^{n} \left\{\mu_F(u_i) \vee \mu_G(u_i)\right\}/u_i \tag{11}$$

$$\mu_F \cup G(u) = \mu_F(u) \vee \mu_G(u) \tag{12}$$

3. Перетинання множин

$$F \cap G = \sum_{i=1}^{n} \left\{\mu_F(u_i) \wedge \mu_G(u_i)\right\}/u_i \tag{13}$$

$$\mu_F \cup G(u) = \mu_F(u) \vee \mu_G(u) \tag{14}$$

При висловлювані нечітких висновків фахівцю необхідно мати інформацію о нечітких відношеннях.

Припустимо, що існує знання – правило типу „якщо F, то G", яке використовує нечіткі множини $F \subset G$ і $G \subset V$, задані на універсальних множинах:

$$U = \{x_1, x_2, \ldots x_i\} \text{ та } V = \{v_1, v_2, \ldots v_m\}.$$

Нечітке відношення між множинами $F \subset G$ і $G \subset V$ визначається за допомогою матриці виду:

$$R = F \times G = \sum_{i=1}^{l} \sum_{j=1}^{m} \left\{\mu_F(u_i) \wedge \mu_G(v_j)\right\}/(u_i, v_j) \tag{15}$$

у якої елемент, що стоїть на перетині u - рядка і v - стовпчика визначається таким чином:

$$\mu_R(u,v) = \mu_F(u) \wedge \mu_G(v).$$

Нечіткий логічний висновок записуємо наступним чином:

$$F \to G$$
$$\frac{F'}{G'}.$$

Це означає, якщо факт G випливає з факту F, то факт G' випливає з факту F', де F, G, F', G' - нечіткі множини.

Для розрахунку висновку G' використовується наступна формула:

$$G' = F' \circ R = F' \circ (F \times G) \tag{16}$$

де $\circ$ - операція $\max - \min$ композиції відображень, згідно якої

$$G' = \sum_{i=1}^{m} \bigvee_{u_i \subset U} \left\{ \mu_F(u_i) \wedge \mu_R(u_i, v_j) \right\} / v_j,$$

$$F, F' \subset U; \quad G, G' \subset V.$$

Узагальнення досвіду, накопиченого багатьма авторами [] при розв'язанні практичних задач дозволяє сформулювати ряд науково – методичних принципів, спираючись на які слід будувати моделі для оцінки експлуатаційних властивостей автомобіля, що безпосередньо впливають на безпеку дорожнього руху в Україні.

Принцип факторів впливу та рішення на базі лінгвістики

Відповідно до цього принципу, рішення (вихідна змінна) та фактори впливу на нього (вхідні змінні) будемо розглядати як лінгвістичні змінні з якісними термами (**терм** – від англійського term – називати). Лінгвістичною змінною називається змінна, значеннями якої є слова або речення природної мови, тобто якісні терми. Прикладами лінгвістичних змінних та їх термів (справа у дужках) являються такі експлуатаційні якості автомобіля:

КОЕФІЦІЄНТ ЗЧЕПЛЕННЯ {дуже низький, низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий, дуже високий};

ГАЛЬМОВИЙ МОМЕНТ НА КОЛЕСАХ АВТОМОБІЛЯ {відсутній, низький, середній, високий, дуже високий};

ВИД ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ {асфальт, брук, щебінь, пісок, ґрунтова дорога};

СТАН ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ {сухий, вологий, мокрий, покритий гряззю, покритий мокрим снігом, ожеледиця};

ТИП ШИН {високого тиску, низького тиску, високої прохідності}.

В цих прикладах перші дві змінні відносяться до рішень, а три останніх – до факторів впливу. Використовуючи поняття функції належності, кожний з лінгвістичних термів можна формалізувати у вигляді нечіткої множини, заданої на відповідній універсальній множині.

Принцип лінгвістичності бази знань

Відповідно до цього принципу причинно-наслідкові зв'язки між факторами (причинами) і рішенням (наслідком) необхідно описати на природній мові спілкування фахівців або експертів у вигляді сукупності нечітких логічних висловлювань типу: **„ЯКЩО – ТО, ІНАКШЕ"**.

Наприклад, при прогнозуванні величини коефіцієнта зчеплення можуть використовуватися такі висловлювання:

ЯКЩО вид дорожнього покриття = асфальт **І** стан дорожнього покриття = сухий **І** тип шин = низького тиску **І** ступінь проковзання шин = кочення з про ковзанням **І** зношеність шин = в межах допустимого **І** тиск в шині = нормальний **І** навантаження на колесо = середнє **І** швидкість автомобіля = нижче середньої, **ТО** коефіцієнт зчеплення = **дуже високий**.

ІНАКШЕ:

ЯКЩО вид дорожнього покриття = ґрунтова дорога **І** стан дорожнього покриття = зволожена дощем **І** тип шин = високої прохідності **І** ступінь проковзання шин = юз **І** зношеність шин = нова **І** тиск в шині = нормальний **І** навантаження на колесо = низьке **І** швидкість автомобіля = середня, **ТО** коефіцієнт зчеплення = **середній**.

ІНАКШЕ:

ЯКЩО вид дорожнього покриття = асфальт **І** стан дорожнього покриття = ожеледиця **І** тип шин = високого тиску **І** ступінь проковзання шин = кочення з проковзанням **І** зношеність шин = зношена („лиса") **І** тиск в шині = підвищений **І** навантаження на колесо = високе **І** швидкість автомобіля = нижче середньої, **ТО** коефіцієнт зчеплення = **дуже низький**.

Джерелом отримання таких висловлювань (правил, знань) являються матеріали аналізу причин ДТП та автотехнічних експертиз з правильними висновками або досвід фахівців та експертів. Особливість нечітких висловлювань полягає в тому, що їх адекватність не повинна змінюватися при незначних коливанням умов експерименту (на відміну від традиційних моделей, побудованих на базі класичної кількісної математики).

Сукупність висловлювань **„ЯКЩО – ТО, ІНАКШЕ"** розглядається як набір точок в просторі „фактори впливу (причини) – наслідок". За цими точками з використанням нечіткого логічного висновку відновлюється поверхня, дає можливість оцінювати значення рішення (наслідку) при таких факторах впливу, для яких інформація в базі знань обмежена або відсутня.

Висновки

Розробка методів оцінки основних експлуатаційних властивостей автомобіля, зокрема гальмових властивостей, є одним з найбільш ефективних напрямків боротьби з аварійністю на дорогах України. Математична теорія нечітких множин дозволяє описувати нечіткі поняття і знання, оперувати ними та робити нечіткі висновки. В останній час нечітке управління є однією з найактивніших та результативних областей дослідження упровадження теорії нечітких множин.

Нечітке управління особливо корисне, якщо технологічні процеси є занадто складними для аналізу та прийняття рішення за допомогою загальновизнаних кількісних методів, або коли доступна інформація інтерпретується якісно, неточно або невизначено.

Нечітка логіка, на якій ґрунтується нечітке управління, ближче по дух до мислення людини та природним мовам, ніж традиційні логічні системи прийняття рішення та висловлювання певних висновків.

Наявність математичних засобів відображення нечіткої доступної експертної інформації дозволяє побудувати модель, адекватну реальності.

Література

1. Итоги науки и техники. Кибернетика. Том 6. Г.Т. Артамонов, А.И. Черный: Лингвистическое обеспечение современных автоматизированных банков данных. М.: ВИНИТИ, 1981. – 224 с.

2. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника проектирования транспортных машин. Учебное пособие. – Изд. 3-е, испр. и доп. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 208 с.
3. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорта. Харьков: ХГАДТУ, 1998. – 468 с.
4. Туренко А.Н. Повышение эффективности торможения грузовых и пассажирских транспортных средств с пневматическим тормозным приводом. Харьков: ХГАДТУ, 1997. - 353 с.
5. Волошин Г.Я., Мартынов В.П., Романов А.Г. Анализ дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
6. Джонс И.С. Влияние параметров автомобиля на дорожно-транспортные происшествия. Москва: Машиностроение, 1979. – 207 с.
7. Кашканов А.А. Оцінка гальмових моментів на колесах автомобіля за допомогою нечіткої логіки. // Вимірювальна техніка в технологічних процесах. 1999. № 1. с. 139 – 143.
8. Lotfi A. Zadeh. Fuzzy Sets. // Information and Control, 1965. № 8.
9. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
10. Miller C. The Magic Number Seven Plus or Minus two: Some limits on our Capacity for Processing Information // Psychological Review, 1956. - № 63. – p. 81 – 97.

Аналіз можливостей методу первапорації був би неповним без його математичного опису. В роботі представлено систему рівнянь, що описують процес превапорації бінарних сумішей

Ключові слова: математична модель, первапорація, суміш

Анализ возможностей метода первапорации был бы неполным без его математического описания. В работе представлена система уравнений, описывающая процесс первапорации бинарных смесей

Ключевые слова: математическая модель, первапорация, смесь

Analysis of the possibilities of the pervaporation would have been incomplete without its mathematical description. In this study the system of equations describing the process of pervaporation of binary mixtures is presented

Key words: mathematical model, pervaporation, mixture

УДК 628.316.12

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПЕРВАПОРАЦИИ ДЛЯ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ

И.А. Буртная
Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.:(044) 241-68-83

Д.В. Литвиненко*
*Кафедра биотехники и инженерии
Контактный тел.: 067-292-28-44
E-mail: Dariya.Lytvynenko@meta.ua
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»
пр. Победы, 37, г. Киев, 03056

Введение

Методы разделения жидких смесей и получения чистых веществ занимают значительное место в фармацевтической, пищевой и химической промышленности. За последние 50 лет, наряду с традиционными методами разделения, такими, как ректификация, дистилляция, сорбция и другие, стали широко применяться и изучаться методы разделения смесей при помощи полупроницаемых мембран. Среди этих методов помимо мембранной дистилляции, диализа и электродиализа, особое место занимает ещё недостаточно широко используемый процесс диффузионного испарения через мембрану - первапорация.

Основным достоинством этого процесса, вызывающим к нему большой интерес ученых, является возможность с его помощью разделять близкокипящие и азеотропные смеси, которые затруднительно или невозможно разделить традиционными методами.

Сегодня подавляющее число исследований в области первапорации направлено на изучение новых мембранных материалов и их модификацию. Однако, проблемы выбора мембранных материалов являются не единственными, сдерживающими развитие и внедрение в промышленность первапорации. Наряду с выбором мембранных материалов, актуальным вопросом является также изучение влияния различных технологических параметров на эффективность