

А.А. Кашканов, В.П. Кужель
Вінницький державний технічний університет

ПРИНЦИПИ ТА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ФАР

Швидкий розвиток автомобільної техніки призвів до виникнення принципово нових проблем і труднощів, які пов'язані з необхідністю забезпечення її безпечної експлуатації. Подолання цих проблем і труднощів залежить в першу чергу від досконалості знань про експлуатаційні властивості автомобіля, вміння оцінити дорожню ситуацію і на цій основі визначити найбільш ефективні напрямки боротьби з аварійністю.

За статистичними даними [1] близько 50% дорожньо-транспортних пригод (ДТП) скоюються в темну пору доби, в той час, коли інтенсивність руху знижується в 3-10 разів. В чому ж тут справа? Деякі причини зрозумілі: недостатні індивідуальні навички керування автомобілем, перевищення допустимої швидкості руху, фізична втома, вплив алкоголю та ін. Але головними факторами зниження безпеки руху в нічний час є різке зниження видимості і осліплення водіїв фарами зустрічних автомобілів, оскільки вибір оптимального (безпечного) режиму руху в темну пору доби на пряму залежить від того, що водій сприймає і бачить.

Отже, постає актуальне питання підвищення ефективності автомобільних фар. Аналіз задач оцінки ефективності автомобільних фар [2, 3] показує, що кожна з задач може розглядатись як пошук відображення:

$$X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*) \rightarrow Y_j \in Y = (\underline{y}, \bar{y}), \quad (1)$$

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

Основні труднощі розв'язування такого роду задач обумовлені наступними причинами:

1. Прийняття конкретного об'єктивного рішення при дослідженнях потребує врахування дуже великого числа факторів впливу. Також в більшості випадків одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв'язків [4].

2. Відсутні чіткі аналітичні залежності між факторами впливу (причинами) і певним наслідком, а застосування існуючих методів призводить до значних труднощів через необхідність врахування різнорідних факторів, як кількісних (швидкість руху автомобіля), так і якісних (тип фар та світлорозподілу, вид і стан дорожнього покриття). Подання інформації про кількісні величини в лінгвістичній формі теж створює певні труднощі.

Перераховані проблеми вимагають створення об'єктивних методів дорожніх досліджень.

Методи необхідні для розв'язання ряду практичних задач дорожніх досліджень розподіляються на наступні групи [5]:

1) методи оцінки ступеню і безпеки, що створюються різними системами освітлення в різних дорожньо-транспортних ситуаціях – вибору кращої системи освітлення при створенні нової моделі автомобіля, оцінки дорожньо-транспортної ситуації при автотехнічній експертизі і т.д.;

2) методи проведення порівнювальних досліджень систем освітлення, спрямованих на вибір оптимальної системи для конкретних умов експлуатації автомобіля, у тому числі порівняння вітчизняної техніки з закордонними аналогами;

3) методи розробки і корегування нормативів до автомобільних освітлювальних приладів;

4) методи оцінки ефективності фар і визначення перспективних систем освітлення автомобілів.

В конкретному випадку ефективність автомобільних фар прийнято оцінювати за наступними критеріями безпеки:

1) Максимальна безпечна швидкість руху автомобіля

Експериментальні дані по дальності видимості перешкод дозволяють перейти до визначення орієнтовних значень безпечних швидкостей руху вночі при використанні різних фар і систем освітлення. В даному випадку відома залежність [6, 7] для визначення зупиночного шляху автомобіля перетворена щодо швидкості руху в такий спосіб:

$$V_0 = \frac{-\frac{T_\Sigma}{3,6} + \sqrt{\left(\frac{T_\Sigma}{3,6}\right)^2 - \frac{2 \cdot K_e}{127 \cdot \varphi} (S_0 - S_B)}}{\frac{K_e}{127 \cdot \varphi}}, \quad (2)$$

де V_0 – безпечна швидкість руху, км/год; T_Σ – час реакції водія і час спрацювання привода гальм; K_e – коефіцієнт експлуатаційного стану гальм; φ – коефіцієнт зчеплення шин з дорогою; S_0 – відстань між зупиненим автомобілем і перешкодою, рівна 5м; S_B – дальність видимості перешкоди при освітленні фарами, м.

Тобто, в кінцевому випадку ефективність освітлювальних приладів визначається максимальною безпечною швидкістю руху автомобіля в темний час доби.

Складність застосування даного критерію безпеки пояснюється тим, що необхідна велика кількість статистичної інформації для отримання точних результатів, збір якої пов'язаний зі значними організаційними труднощами. Також існує проблема внесення до існуючого критерію нової інформації, що спричинить необхідність перерахунку всіх статистичних оцінок.

2) Коефіцієнти безпеки

Оцінювати безпеку, забезпечувану системою головного освітлення в цілому, потрібно з урахуванням характеристик не тільки ближнього світла (БС), але і дальнього світла (ДС). Пропонуються наступні критерії безпеки, забезпечуваної освітлювальними приладами:

а) для ближнього світла

$$K_{BC} = \frac{V_c}{V_{BC}}; \quad (3)$$

б) для системи освітлення на перехідних режимах із ДС на БС

$$K_{DC} = \frac{V_{BC}}{V_{DC}}; \quad (4)$$

в) інтегральний коефіцієнт безпеки системи освітлення, що розглядається як добуток $K_{BC} \cdot K_{DC}$, тобто

$$K_\Sigma = \frac{V_c}{V_{BC}} \cdot \frac{V_{BC}}{V_{DC}} = \frac{V_c}{V_{DC}}, \quad (5)$$

де K_{BC} – коефіцієнт безпеки БС; K_{DC} – коефіцієнт безпеки ДС; V_c – максимальна безпечна швидкість зустрічного роз'їзду (при засліпленні); V_{BC} – максимальна безпечна швидкість автомобіля, що рухається з фарами, ввімкненими в режимі БС без зустрічних автомобілів; V_{DC} – максимальна безпечна швидкість автомобіля, що рухається з фарами, включеними в режимі ДС.

Фізичний зміст запропонованих залежностей можна пояснити на прикладі останньої формули: чим раптовіше необхідно знижувати швидкість руху через засліпленість при зустрічному роз'їзді автомобілів, у порівнянні з максимальною швидкістю руху, з якою може рухатися автомобіль з фарами, ввімкненими в режимі ДС, тим потенційно небезпечніше система освітлення. Це цілком зрозуміло: адже маневр вимушеного зниження швидкості (гальмування) небезпечний, особливо на слизьких покриттях. Чим ближче значення K_Σ до 1,0, тим досконаліша система освітлення. З урахуванням параболічної залежності, що характеризує гальмівну динаміку автомобіля, відношення (3, 4, 5) можна представити в наступному вигляді:

$$K_{BC} = \sqrt{S_C/S_{BC}}; \quad K_{DC} = \sqrt{S_{BC}/S_{DC}}; \quad K_\Sigma = \sqrt{S_C/S_{DC}}, \quad (6)$$

де S_C , S_{BC} , S_{DC} – максимальні дальності видимості перешкод, забезпечувані фарами, ввімкненими відповідно в режимах ближнього світла при зустрічному роз'їзді, ближнього світла без засліплення фарами зустрічного автомобіля, дальнього світла.

Функції зору підвищуються зі збільшенням яскравості адаптації (яскравості фону L_ϕ). Цей параметр потрібно визначати як середню яскравість ділянки дорожнього покриття, освітлюваної фарами:

$$L_\phi = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n} \quad \text{чи} \quad L_\phi = \frac{E_{сер} \cdot r_{сер}}{\pi}, \quad (7)$$

де L_i – яскравість окремої точки, освітленої частини дороги, кд/м²; n – число точок, у яких проводилися вимірювання яскравості; $E_{сер}$ – середня горизонтальна освітленість дороги, лк; $r_{сер}$ – середній коефіцієнт яскравості покриття.

Недолік даного критерію безпеки полягає в тому, що коефіцієнти безпеки не враховують якісних параметрів впливу, які мають надзвичайно велике значення при дорожніх дослідженнях.

3) Критична освітленість об'єкта

Взагалі до 70-х років при оцінках умов видимості з автомобіля поняття „критична освітленість об'єкта” ($E_{кр}$) не існувало. Точніше, незалежно від відстані S_i , до об'єкта спостереження вона приймалася рівною 2 лк. Вважалося, що границя видимості проходить по лінії перетинання ізолюкси (2 лк) з поверхнею дорожнього покриття.

Дослідженнями [5] визначена емпірична залежність $E_{кр} = f(S_i)$ для темного об'єкта, що справедлива далеко не для всіх умов спостереження.

Однак для наближених оцінок вона може бути використана у вигляді:

$$E_{кр} = 0,2 + 0,01 \cdot S_i, \quad (8)$$

Даний критерій може використовуватись лише для наближених оцінок і справедливий лише для певних умов спостереження, якими дослідження часто не обмежуються.

4) Надійність виявлення дорожнього об'єкта

Оцінювати автомобільні фари необхідно з урахуванням зміни зорових функцій водія при виконуваний ним нічній роботі, що призводить до фізичної та емоційної перенапруги. Дослідження [8] показують, що після 4-5 годин руху з ввімкненими фарами необхідна для виявлення об'єктів освітленість зростає з 1,5 до 7 лк, тобто приблизно в 4-5 разів. Цю величину можна розглядати як коефіцієнт K_H надійності виявлення дорожнього об'єкта при освітленні фарами. Тоді з урахуванням світлотехнічного закону квадратів відстаней для орієнтовного визначення значення сили світла фари в напрямку об'єкта на дорозі можна запропонувати експериментально-аналітичну залежність:

$$l = K_H \cdot E_{кр} \cdot S_i^2 = K_H \cdot (0,2 + 0,01 \cdot S_i) \cdot S_i^2 = 0,8 \cdot S_i^2 + 0,04 \cdot S_i^3 \quad (9)$$

Перешкода до застосування даного критерію полягає в тому, що в даному випадку досить важко забезпечувати стійкість моделі до відповідних факторів впливу. Зв'язок між факторами впливу і вихідними параметрами досить нестійкий і чітко не прослідковується.

5) Ступінь видимості об'єкта

У практиці автомобільної світлотехніки є потреба в простому приладі, що вимірював би безпосередньо ступінь видимості об'єкта подібно тому, як люксметр вимірює ступінь його освітленості.

Найбільш досконалим визнаний поляризаційний вимірювач видимості (ПВВ) системи, запропонованої Л.Л. Дашкевичем [5]. На відміну від інших відомих вимірювачів видимості найбільшою мірою задовольняє перерахованим вимогам. Крім того, ПВВ надзвичайно портативний, легкий, простий у застосуванні, що дуже важливо в умовах проведення дорожньо-експлуатаційних досліджень фар.

ПВВ доцільно використовувати і для оцінки засліпленості, без досліджень якої методика дорожніх досліджень фар була б неточною. Суть способу полягає у визначенні відносної втрати видимості при дії сліпучої блискучості (у відсотках):

$$P_{\omega} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100, \quad (10)$$

де P_{ω} – показник втрати видимості при засліпленні; $W_1 - W_2$ – втрата видимості тест-об'єкта в даній точці, обумовлена сліпучою дією досліджуваної системи освітлення.

Фізіологічна дія засліпленості виявляється в погіршенні видимості W , що чисельно характеризується відношенням $W = K / K_{ГР}$, де K – фактичний контраст об'єкта і фону, $K_{ГР}$ – граничний контраст за даних умов спостереження.

Під видимістю в даному випадку потрібно розуміти не відстань геометричної видимості дороги і не максимальну дальність видимості, що прийнято використовувати при оцінці рівня безпеки руху в різних дорожніх умовах, а інтенсивність зорового відчуття, обумовленого розходженням яскравостей дорожніх об'єктів і фону.

Наявність сліпучих джерел світла фар зустрічного транспорту в розглянутому випадку знижує зорову працездатність, оскільки граничний контраст зростає до значення $K'_{ГР} > K_{ГР}$. Якщо при цьому контраст об'єкта і фону не збільшується чи залишається незмінним, то видимість при засліпленні знижується до $W' = K / K'_{ГР}$, де $K'_{ГР}$ – граничний контраст при наявності засліпленості.

Число, що показує, у скільки разів знизилася видимість при незмінному контрасті в результаті засліплення, являє собою коефіцієнт засліпленості:

$$C_S = W / W' = K'_{ГР} / K_{ГР}. \quad (11)$$

Граничні значення контрасту можна виміряти в дорожніх умовах і, використовуючи достатній масив експериментальних даних, обґрунтовано проводити розрахункові дослідження засліпленості,

створюваної фарами зустрічного транспорту. При цьому, зрозуміло, необхідно враховувати також можливість зміни контрасту фону й об'єкта внаслідок їхнього підсвічування фарами зустрічних автомобілів.

При зустрічному роз'їзді автомобілів можливе як збільшення контрасту (наприклад, якщо об'єкт – пішохід в одязі більш темному, ніж проїзна частина, і фари зустрічного автомобіля, підсвічуючи дорогу, не збільшують яскравості силуету пішохода), так і його зниження, коли в аналогічному випадку об'єкт світліший фону. Однак, якщо освітленість фону й об'єкту змінилася на однакове значення, наприклад, дорожнє покриття і розмітка проїзної частини на ньому, то контраст залишається незмінним.

Коефіцієнт засліпленості можна визначити також, виходячи з рівня освітленості, створюваної на зіниці водія фарами зустрічного автомобіля, кута, під яким це світло падає на око, і середнього рівня яскравості адаптації зору водія.

Даний критерій оснований лише на показаннях поляризаційного вимірювача видимості, відсутність аналітичної залежності створює певні труднощі щодо розробки загальної математичної моделі, яка б давала можливість проводити розрахунки на основі результатів конкретної кількості експериментів. В свою чергу, без аналітичної залежності існує потреба в надзвичайно великій кількості експериментальних досліджень, що пов'язано з організаційними, обчислювальними труднощами, з необхідністю обробки великої кількості статистичної інформації.

Труднощі використання вищерозглянутих критеріїв безпеки зведені в таблицю 1, де порівнюються наступні критерії: 1 - Максимальна безпечна швидкість руху автомобіля; 2 - Коефіцієнти безпеки; 3 - Критична освітленість об'єкта; 4 - Надійності виявлення дорожнього об'єкта; 5 - Ступінь видимості об'єкта; +(-) – наявність (відсутність) певних проблем.

Таблиця 1

Труднощі використання існуючих критеріїв безпеки при оцінці ефективності автомобільних фар

Труднощі	Існуючі критерії безпеки				
	1	2	3	4	5
- проведення конкретних дорожніх досліджень	+	+	+	+	+
- збору та обробки статистичної інформації	+	-	+	+	-
- врахування та обробки якісних впливів	+	+	+	+	+
- врахування більш повного спектру факторів впливу	+	+	+	+	+
- забезпечення стійкості моделі до факторів впливу	+	+	+	+	+
- подальшого поповнення інформаційної бази	-	-	+	+	-
- роботи з нечіткими знаннями	+	+	+	+	+

З таблиці 1 випливає, що розглянуті критерії безпеки не пристосовані до застосування з якісними (нечисловими) та нечіткими знаннями, заданими природною мовою. Проте саме такі інтуїтивні знання досить часто використовуються при дорожніх дослідженнях ефективності автомобільних фар.

З точки зору психології в процесі мислення людина перетворює вхідні сигнали в вербальний код [9]. В праці „Магічне число 7 ± 2 ” [10] стверджується, що процес перекодування мислення займає важливе місце в психології людини. Вербальне перекодування стало для людини способом переробки матеріалу в згустки насиченої інформації. В цьому відношенні природна мова унікальна.

В основі чіткої математичної обробки нечислової (лінгвістичної) інформації лежить теорія нечітких множин, запропонована Л. Заде в 1965 році [11].

Прийнято вважати, що теорія нечітких множин розвивається, в основному, в математичній сфері [11, 12]. Але останнім часом з'являються публікації про застосування цієї теорії в традиційних для складних систем задачах управління та проектування [13]. В деяких випадках доцільно застосовувати теорію нечітких множин для створення математичних моделей, для використання і подання автотехнічних знань.

Висновки

1. Майже всі труднощі оцінки ефективності автомобільних фар зумовлені необхідністю складних дорожніх досліджень, при яких необхідно враховувати надзвичайно велику кількість факторів впливу, що постійно змінюються, ніколи не бувають однаковими і доволі часто носять якісний характер.

2. Відсутні чіткі аналітичні залежності, які б дали змогу пов'язати всі фактори впливу з отриманими результатами досліджень.

3. Для побудови нових моделей та вдосконалення існуючих критеріїв безпеки доцільно було б використовувати теорію нечітких множин, яка лежить в основі чіткої математичної обробки нечислової (лінгвістичної) інформації.

Література

1. Дорожно-транспортні пригоди в Україні (оперативна інформація за 12 місяців 2000 року). Матеріал підготовлений Управлінням Державної автомобільної Інспекції Міністерства внутрішніх справ України. – Київ, 2001. – 79с.
2. Кашканов А.А., Ребедаило В.Н. Влияние фактора видимости на выбор безопасной скорости движения автомобиля ночью // Весник ХГАДТУ (Харьков, ХНАДУ). – 2002. – №17. – с. 62-65.
3. Кашканов А.А., Кужель В.П. Эффективность автомобильных фар: анализ, задания и пути решения // Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы: Материалы V-ой международной научно-технической конференции, 9-14 сентября 2002г. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. – с. 93-99.
4. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. – Л.: Лениздат, 1984. – 305с.
5. Левитин К.М. Безопасность движения автомобилей в условиях ограниченной видимости, 2 - е изд. перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1986. – 166 с.
6. Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б., Иларионов В.А. Конструктивная безопасность автомобиля. – М.: Машиностроение, 1983. – 212 с.
7. Иларионов В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля. – М.: Машиностроение, 1966. – 277 с.
8. Рябчинский А.И., Иванов В.Н. Безопасность движения автомобильного транспорта в темное время суток. – М.: Высшая школа, 1970. – 99 с.
9. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. – М.: Прогресс, 1979. – 503 с.
10. Miller С.А. The Magic Number Seven Plus or Minus two: Some limits on our Capacity for Processing Information // Psychological Review, 1956. - №63. – p.81-97.
11. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
12. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
13. Згуровский М.З. Интегрированные системы оптимального управления и проектирования. – К.: Вища школа, 1990. – 348 с.