

УДК 656.13.08

І. К. Шаша, В. О. Темніков, Р. О. Гончар

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

У статті на основі енергетичного підходу до аналізу кінематики транспортного потоку та рівня безпеки руху запропоновано єдиний комплекс оціночних детермінованих характеристик. Такий комплекс враховує потужність транспортного потоку і його градієнти часу та відстані, що пройдено. Наведено результати теоретичних досліджень енергетичних характеристик, що утворюють єдину оціночну систему отримання інформації про процеси формування безпеки руху.

К л ю ч о в і с л о в а: безпека руху, енергетичні характеристики, рівень безпеки.

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки дорожнього руху є першорядною проблемою, зокрема при виконанні службових обов'язків військовослужбовцями Національної гвардії України. Рівень соціальних і економічних втрат, пов'язаних з дорожньо-транспортними пригодами (ДТП), достатньо великий і безупинно зростає, що обумовлює особливу гостроту та актуальність вирішення проблеми аналізу й підвищення безпеки дорожнього руху. Рішення зазначеної проблеми здійснюється відповідно до проекту “Державної концепції підвищення безпеки дорожнього руху в Україні”.

Процес формування безпеки дорожнього руху є багатограним і багатофакторним, що обумовлює розмаїтість його науково-технічних рішень. Складність процесу, насамперед, полягає у наявності в ньому якісно різних рівнів матеріальної взаємодії, елементами якої є механічні транспортні засоби, люди, елементи дорожніх умов і навколишнього середовища. Зазначені моменти в науковому плані зумовлюють актуальність і важливість розроблення й застосування нових об'єктивних підходів до вирішення проблеми в транспортних системах. У даній статті розглянуто енергетичний підхід.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Віломі методи і науково-технічні розробки з підвищення безпеки руху транспортних потоків [1, 2, 3] в існуючих умовах формування автомобільного парку й інтенсивного зростання числа ДТП потребують дороблювання та перегляду основних підходів до реалізації. Методики розрахунків якісних і кількісних показників аварійності мають приблизний характер і в більшості випадків використовуються для оціночних розрахунків.

Праці [4, 5, 6] дозволяють сформувати нову систему аналізу безпеки руху транспортного потоку з використанням енергетичного підходу.

Мета статті – сформувати та обґрунтувати систему оцінювання рівня безпеки руху за допомогою комплексу енергетичних характеристик транспортного потоку.

Виклад основного матеріалу. Як характеристики системи оцінювання рівня безпеки руху транспортного потоку пропонується прийняти:

K_1^n – енергетичну інтенсивність (потужність) транспортного потоку, Дж/с;

K_2^n – енергетичну характеристику “абсолютної небезпеки руху” транспортного потоку;

K_3^n – градієнт потужності транспортного потоку за координатою пройденого шляху, Дж/с (енергетична характеристика загальної небезпеки руху транспортного потоку).

Загальна небезпека руху виражається у невідповідній щодо інших учасників руху кінематиці переміщення певного транспортного засобу або їхньої групи в транспортному потоці, тобто це не розгорнута в просторі зміна абсолютної небезпеки руху. Загальна небезпека характеризує місця концентрації ДТП, їхні топографічні характеристики і властивий їм рівень аварійності. У цій області сконцентровані всі дослідження стосовно аналізу рівномірності руху автомобіля або групи автомобілів у потоці та існуючої при цьому аварійності.

Місцева небезпека руху виражається у невідповідності характеристик руху транспортного потоку тим характеристикам, що закладені в існуючій схемі організації дорожнього руху, тобто це розгорнута в часі зміна абсолютної небезпеки руху в певному місці дороги. Вся оперативна організація дорожнього руху спрямована на ліквідацію, насамперед, місцевої небезпеки руху.

Математичні моделі, що описують запропоновані характеристики в диференціальній формі, мають такий вигляд:

$$\begin{aligned}K_1^n &= q_m \cdot V_n^3; \\K_2^n &= \frac{dq_m}{dt} \cdot V_n^2 + \frac{dV_n}{dt} \cdot 3V_n \cdot q_m; \\K_3^n &= \frac{dq_m}{dt} \cdot V_n^3 + \frac{dV_n}{dt} \cdot 3V_n^2 \cdot q_m,\end{aligned}\tag{1}$$

де $q_m = \frac{m}{2L}$ – масова щільність транспортного потоку в рамках енергетичного підходу, кг/м; m – маса ділянки транспортного потоку, кг; L – довжина ділянки потоку, де сконцентровані автомобілі сумарною масою m , м; V_n – швидкість енергетичного потоку, м/с.

Між запропонованими характеристиками і кінематичними параметрами руху транспортного потоку виявлено математичний зв'язок. Співвідношення між енергетичною та геометричною щільностями потоку має такий вигляд:

$$q = \frac{n}{L} \cdot \frac{m}{m} \cdot \frac{2}{2} = q_m \cdot \frac{2n}{m} = q_m \cdot \frac{2}{m_{\text{ср}}},\tag{2}$$

де q – геометрична щільність потоку, авт./м; n – кількість автомобілів на ділянці довжиною L , од.; $m_{\text{ср}}$ – середня маса автомобілів потоку, кг.

Швидкість транспортного потоку описує такий вираз:

$$V = \frac{K_3^n}{K_2^n}.\tag{3}$$

Зв'язок запропонованих характеристик із класичною інтенсивністю руху з урахуванням (1) і розробок [6] можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned}N &= \frac{2}{m_{\text{ср}}} \cdot q_m \cdot \frac{K_3^n}{K_2^n}; \\N &= \frac{2}{m_{\text{ср}}} \cdot \sqrt[3]{q_m \cdot K_1^n}.\end{aligned}\tag{4}$$

Залежності (2–4) розкривають зв'язок запропонованої системи характеристик аналізу безпеки руху транспортного потоку з основним рівнянням потоку і його кінематичними характеристиками.

Розрахункові формули в рамках зазначених припущень для запропонованих енергетичних характеристик з урахуванням (1) мають вигляд:

$$\begin{aligned}K_{1_i}^n &= q_m \cdot (V_{sr_i})^3; \\K_{2_i}^n &= \left| 3 \cdot q_m \cdot V_{sr_i} \cdot j_i \right|; \\K_{3_i}^n &= \left| 3 \cdot q_m \cdot (V_{sr_i})^2 \cdot j_i \right|,\end{aligned}\tag{5}$$

де V_{sr_i} – значення середньої швидкості транспортного потоку на i -й ділянці дороги, м/с; j_i – значення середнього прискорення транспортного потоку на i -й ділянці дороги, м/с².

На думку авторів, важливим питанням забезпечення безпеки дорожнього руху є визначення умов експлуатації транспортних засобів. Основними критеріями при визначенні групи умов експлуатації є відносний коефіцієнт зміни швидкості автомобіля, прискорення автомобіля та коефіцієнт “шуму прискорення” автомобіля.

Відносний коефіцієнт зміни швидкості автомобіля визначається за формулою:

$$K_v = l_c / (t_p \cdot V_{a_1}) \approx 1,431 \cdot l_c / (t_p \cdot V_{\text{max}}),\tag{6}$$

де l_c – пробіг автомобіля за спідометром, км; t_p – час руху автомобіля, год; V_{a_1} – швидкість руху даного типу автомобіля на дорозі першої групи, що дорівнює $(0,65 \dots 0,70) \cdot V_{\text{max}}$.

Прискорення автомобіля визначається за допомогою формули:

$$\dot{V}_a = \frac{36 \cdot N_1 \cdot N_{\max} \cdot k_k \cdot \eta_{tp} / (G_a \cdot V_a) - \psi - 0,077kF \cdot V_a^2 / G_a}{1 + 0,05(60 / V_a)^2} \text{ м/с}^2, \quad (7)$$

де N_1 – відсоток використання потужності двигуна; N_{\max} – максимальна потужність двигуна, кВт; k_k – коефіцієнт кореляції, що враховує зміну потужності двигуна при роботі в реальних умовах експлуатації (0,85...0,95); η_{tp} – ККД трансмісії; G_a – вага автомобіля, Н; V_a – швидкість автомобіля, км/год; $\psi \approx 0,8 / V_a$ – коефіцієнт сумарного дорожнього опору.

Коефіцієнт “шуму прискорення” визначається за допомогою формули:

$$K_{\text{ш}} = \left(g \cdot i + kF \cdot V_a^2 / M + \delta \cdot \dot{V}_a \right) \text{ м/с}^2, \quad (8)$$

де g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с²; i – ухил дороги, %; M – маса автомобіля, кг; δ – коефіцієнт урахування мас автомобіля, що обертаються.

Результати розрахунків величин \dot{V}_a та $K_{\text{ш}}$ для завантаженого та порожнього автомобіля ЗІЛ-431410 в різних умовах експлуатації наведено в таблиці.

Т а б л и ц я

Умови експлуатації автомобілів	Порожній автомобіль			Завантажений автомобіль		
	\dot{V}_a	$K_{\text{ш}}$	$\frac{\dot{V}_a}{K_{\text{ш}}}$	\dot{V}_a	$K_{\text{ш}}$	$\frac{\dot{V}_a}{K_{\text{ш}}}$
Легкі ($V_a=60$ км/год)	-	0,254	-	-	0,106	-
Легкі ($V_a=40$ км/год)	0,212	0,379	0,560	-	0,115	-
Середні ($V_a=40$ км/год)	0,480	0,756	0,635	0,029	0,188	0,154
Легкі ($V_a=30$ км/год)	0,560	0,869	0,644	0,054	0,236	0,229

Ґрунтуючись на отриманих розрахункових значеннях, побудовано залежності зміни величин \dot{V}_a (рис. 1) та $K_{\text{ш}}$ (див. рис. 2) від швидкості руху і відсотка використання потужності двигуна.

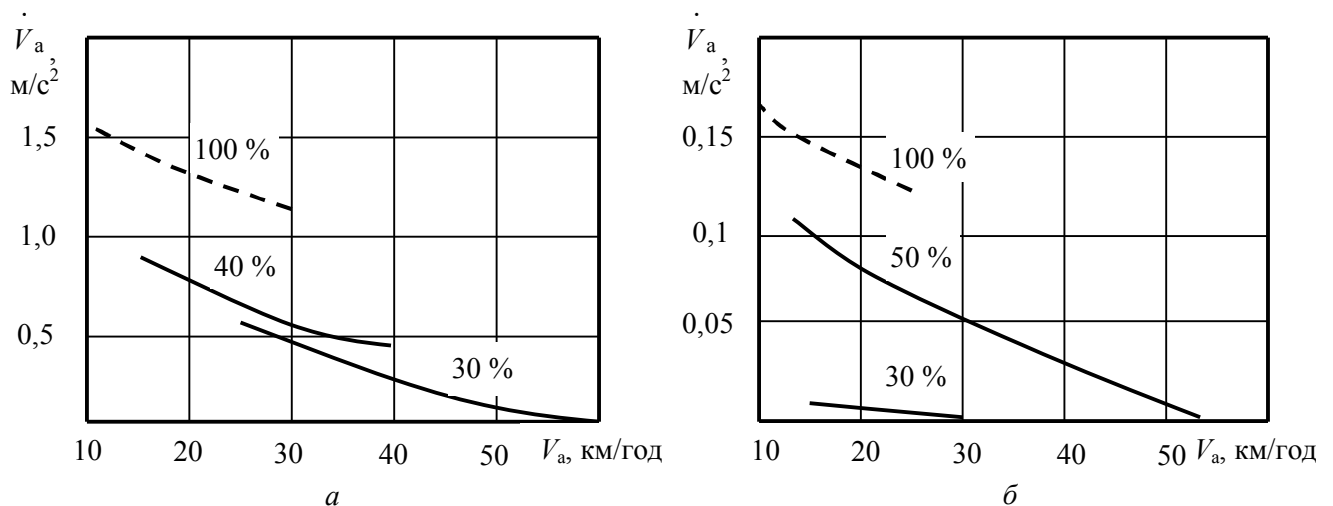


Рис. 1. Зміна величини \dot{V}_a від відсотка використання потужності двигуна та швидкості руху автомобіля ЗІЛ-431410:

a – порожній автомобіль ($G_a=45250$ Н); b – завантажений автомобіль ($G_a=105250$ Н)

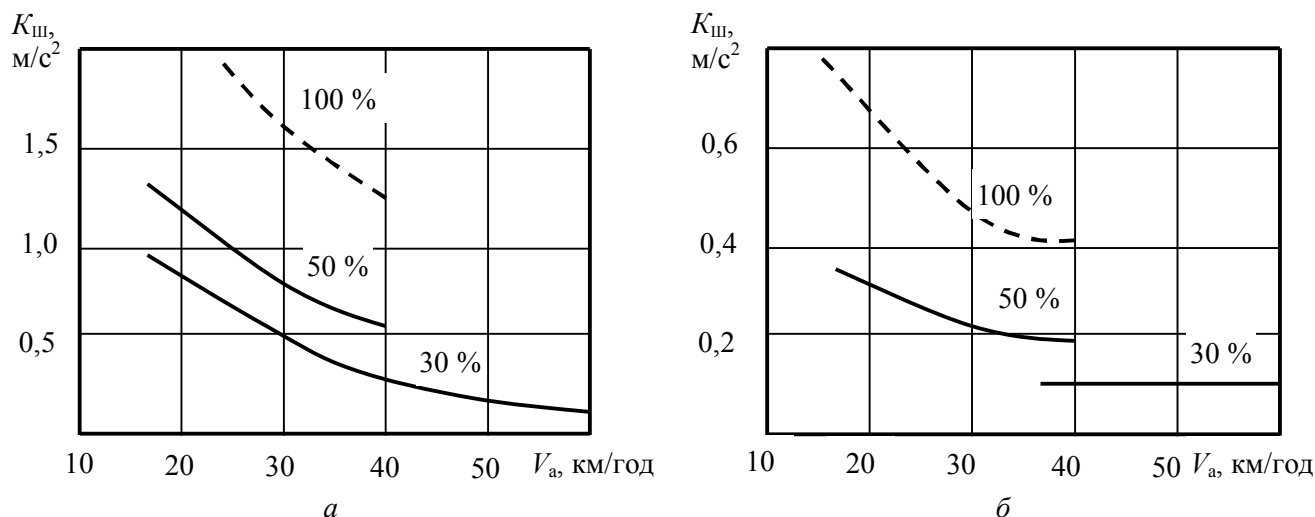


Рис. 2. Зміна величини $K_{ш}$ від відсотка використання потужності двигуна та швидкості руху автомобіля ЗІЛ-431410:

a – порожній автомобіль ($G_a=4525$ кг); b – завантажений автомобіль ($G_a=10525$ кг)

Висновки

Розроблені та обґрунтовані енергетичні характеристики безпеки руху транспортного потоку дозволяють не тільки виконувати оціночні розрахунки. Насамперед, вони несуть у собі всебічну інформацію про параметри аварійності залежно від умов експлуатації, що дозволяє об'єктивно відтворювати процес формування безпеки руху, вказують шляхи зниження кількості місць концентрації ДТП, їх числа та тяжкості.

У перспективі необхідно розробити методику спільного застосування детермінованої системи оцінювання рівня безпеки дорожнього руху з використанням енергетичних характеристик транспортного потоку та ймовірнісних моделей кількісних характеристик аварійності.

Список використаних джерел

1. Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения [Текст] / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.
2. Хомяк, Я. В. Организация дорожного движения [Текст] / Я. В. Хомяк. – К. : Вища школа, 1986. – 271 с.
3. Куниця, А. В. Розробка та розвиток оціночних показників рівномірності руху автомобіля в умовах системи автомобіль–дорога [Текст] / А. В. Куниця, О. М. Дудніков // Безпека дорожнього руху України. – 2002. – № 1 (12). – С. 84–89.
4. Дудніков, О. М. Розробка та розвиток оціночних показників рівномірності руху транспортних потоків [Текст] / О. М. Дудніков // Безпека дорожнього руху України. – 2002. – № 2 (13). – С. 120–124.
5. Шаша, І. К. Моделирование процессов движения транспортных машин в различных условиях эксплуатации [Текст] / И. К. Шаша // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 3/2 (21). – С. 29–31.
6. Тесля, В. О. Аналіз існуючих систем запобігання зіткнення автомобілів при обгоні і визначення напрямів їх розвитку [Текст] / В. О. Тесля // Вісник вінницького політехнічного інституту. – Вінниця : ВПІ, 2014. – № 3. – С. 97–100.
7. Подригало, М. А. Метод определения энергетических и динамических показателей автомобиля с помощью датчиков линейных ускорений [Текст] / М. А. Подригало, Д. М. Клец, А. Н. Мостовая // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 7 (149). – С. 40–44.
8. Безопасность автотранспортных средств [Текст] : учеб. для вузов / В. В. Ломакин, Ю. Ю. Покровский, И. С. Степанов, О. Г. Гоманчук; под ред. В. В. Ломакина. – М. : МГТУ “МАМИ”, 2011. – 299 с.

Стаття надійшла до редакції 26.11.2015 р.