

УДК 656.13.08



І. К. Шаша



Е. М. Полтавський

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

У статті на основі енергетичного підходу до аналізу кінематики транспортного потоку та рівня безпеки руху запропоновано метод оціночних детермінованих характеристик. Метод урахує потужність транспортного потоку та його градієнти часу і відстані, що пройдена. Наведено результати теоретичних досліджень енергетичних характеристик автомобіля КрАЗ-6322, що утворюють єдину оціночну систему отримання інформації щодо процесів формування рівня безпеки руху.

К л ю ч о в і с л о в а: метод, безпека руху, модель, характеристика, транспортний потік, аварійність, умови експлуатації, час, відстань.

Постановка проблеми. Щорічно у світі в результаті дорожньо-транспортних аварій гине приблизно 1,25 млн людей. Від 20 до 50 млн осіб отримують травми, багато з яких призводять до інвалідності.

Десятиліття безпеки дорожнього руху було проголошено в резолюції Генеральної Асамблеї ООН і почалося у травні 2011 року в більше ніж 100 країнах з метою збереження життя мільйонів людей шляхом реалізації глобального плану. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) відіграє у цьому значну роль, продовжуючи проводити інформаційно-роз'яснювальну роботу на найвищих політичних рівнях з метою забезпечення безпеки дорожнього руху.

Доповідь про стан безпеки дорожнього руху в світі у 2015 році містить інформацію про безпеку дорожнього руху у 180 країнах. У доповіді наведено огляд глобальної ситуації в області безпеки дорожнього руху. Такі доповіді є офіційним інструментом моніторингу прогресу в рамках Десятиліття дій щодо забезпечення безпеки дорожнього руху 2011–2020 рр.

Забезпечення безпеки дорожнього руху є першорядною проблемою і в Україні. У світі за кількістю осіб, які загинули в ДТП у 2017 році, наша країна має середній показник, а з числа європейських країн, один з найвищих – 13,5 на 100 тис. осіб.

За даними Національної поліції з 2014 по 2017 рр. в країні було скоєно 593 043 ДТП, в яких постраждало 105 655 осіб, з них загинуло 15 309 та 132 242 було травмовано.

Статистичні дані аварійності на дорогах України за останні чотири роки наведено у табл. 1.

Т а б л и ц я 1
Статистичні дані аварійності на дорогах України за останні чотири роки

| | 2014 рік | 2015 рік | 2016 рік | 2017 рік |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|
| Скоєно ДТП | 153 205 | 138 536 | 138 776 | 162 526 |
| ДТП з постраждалими | 26 160 | 25 493 | 26 782 | 27 220 |
| Травмовано осіб | 32 352 | 31 600 | 33 613 | 34 677 |
| Загинуло осіб | 4 464 | 4 003 | 3 410 | 3 432 |

Рівень соціальних і економічних втрат, пов'язаних з ДТП, достатньо великий і безупинно зростає, що обумовлює особливу гостроту наявної ситуації та актуальність вирішення проблеми аналізу й підвищення безпеки дорожнього руху.

Процес формування безпеки дорожнього руху є багатогранним і багатофакторним, що породжує розмаїтість науково-технічних рішень. Складність такого процесу, насамперед, полягає в наявності у ньому якісно різних рівнів матеріальної взаємодії, елементами якої є механічні транспортні засоби, люди, елементи дорожніх умов і навколишнього середовища. Зазначені моменти в науковому плані

розкривають актуальність і важливість розроблення й використання нових об'єктивних підходів до вирішення проблеми в транспортних системах, що в даній статті виражається у застосуванні енергетичного підходу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існуючі методи і науково-технічні розробки в галузі підвищення безпеки руху транспортних потоків [1, 2, 3] в сучасних умовах формування автомобільного парку й інтенсивного зростання кількості ДТП вимагають їхнього доопрацювання та перегляду основних підходів до реалізації. Методики розрахунків якісних і кількісних показників аварійності мають приблизний характер і найчастіше використовуються для оціночних розрахунків. Праці [4–7] дозволяють сформулювати нову систему аналізу безпеки руху транспортного потоку.

Метою статті є удосконалення методу оцінювання рівня безпеки руху за допомогою комплексу енергетичних характеристик транспортного потоку з урахуванням реальних умов експлуатації. Як об'єкт дослідження прийнято вантажний бортовий автомобіль високої прохідності КрАЗ-6322. Ця модель – одна з основних, що є на озброєнні в Національній гвардії України.

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

- енергетичну інтенсивність (потужність) транспортного потоку K_1^n – енергетична характеристика абсолютної небезпеки руху транспортного потоку, Дж/с;
- градієнт потужності транспортного потоку за координатою пройденого шляху K_2^n – енергетична характеристика загальної небезпеки руху транспортного потоку, Дж/с;
- швидкість зміни потужності транспортного потоку K_3^n – енергетична характеристика місцевої небезпеки руху транспортного потоку, Дж/с.

Загальна небезпека руху виражається у невідповідній щодо інших учасників руху кінематиці переміщення певного транспортного засобу або їхньої групи в транспортному потоці, тобто 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 в напрямку аналізу рівномірності руху автомобіля або їх групи в потоці та існуючої при цьому аварійності.

Місцева небезпека руху виражається в невідповідності характеристик руху транспортного потоку характеристикам, що закладені в існуючій схемі організації дорожнього руху, тобто це розгорнута в часі зміна абсолютної небезпеки руху в якомусь 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:

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

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, сумарна маса яких m , м; V_n – швидкість енергетичного потоку, м/с.

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

$$\begin{aligned} q &= \frac{n}{L} \cdot \frac{m}{m} \cdot \frac{2}{2} = q_m \cdot \frac{2n}{m} = q_m \cdot \frac{2}{m_{cp}}; \\ q &= q_m \cdot \frac{2}{m_{cp}}, \end{aligned} \quad (2)$$

де q – геометрична щільність потоку, авт./м; n – кількість автомобілів на ділянці довжиною L , од.; m_{cp} – середня маса автомобілів у потоці, кг.

Швидкість транспортного потоку описує такий вираз:

$$V = \frac{K_3^n}{K_2^n} \quad (3)$$

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

$$N = \frac{2}{m_{cp}} \cdot q_m \cdot \frac{K_3^n}{K_2^n}; \quad (4)$$

$$N = \frac{2}{m_{cp}} \cdot \sqrt[3]{q_m \cdot K_1^n}.$$

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

Розрахункові формули у межах зазначених припущень для запропонованих енергетичних характеристик з урахуванням виразу (1) мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} K_{1i}^n &= q_m \cdot (V_{sq})^3; \\ K_{2i}^n &= |3 \cdot q_m \cdot V_{sq} \cdot j_i|; \\ K_{3i}^n &= |3 \cdot q_m \cdot (V_{sq})^2 \cdot j_i|, \end{aligned} \quad (5)$$

де V_{sq} – 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

$$K_v = \frac{l_c}{t_p \cdot V_{a1}} \approx 1,431 \cdot \frac{l_c}{t_p \cdot V_{max}}, \quad (6)$$

де l_c – пробіг автомобіля за спідометром, км; t_p – час руху автомобіля, год; V_{a1} – швидкість руху даного типу автомобіля на дорозі першої групи, що дорівнює $(0,65 \dots 0,70) \cdot V_{max}$.

Прискорення автомобіля визначається за допомогою формули

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

де N_1 – процент 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; ψ – коефіцієнт сумарного дорожнього опору ($\approx 0,8 / V_a$).

Коефіцієнт “шуму прискорення” визначається за допомогою формули

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

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 $K_{ш}$ для завантаженого та порожнього автомобілів КрАЗ-6322 в різних умовах експлуатації наведено в табл. 2.

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

Результати розрахунків величин \dot{V}_a та $K_{ш}$ для завантаженого та порожнього автомобілів КрАЗ-6322 в різних умовах експлуатації

| Умови експлуатації автомобілів | Порожній автомобіль | | | Завантажений автомобіль | | |
|--------------------------------|---------------------|---------|---------------------------|-------------------------|---------|---------------------------|
| | \dot{V}_a | $K_{ш}$ | $\frac{\dot{V}_a}{K_{ш}}$ | \dot{V}_a | $K_{ш}$ | $\frac{\dot{V}_a}{K_{ш}}$ |
| Легкі ($V_a=60$ км/год) | - | 0,232 | - | - | 0,09 | - |
| Легкі ($V_a=40$ км/год) | 0,194 | 0,325 | 0,597 | - | 0,101 | - |
| Середні ($V_a=40$ км/год) | 0,438 | 0,721 | 0,607 | 0,024 | 0,173 | 0,139 |
| Легкі ($V_a=30$ км/год) | 0,529 | 0,844 | 0,627 | 0,043 | 0,217 | 0,198 |
| Середні ($V_a=30$ км/год) | 0,634 | 0,904 | 0,678 | 0,061 | 0,322 | 0,218 |
| Важкі ($V_a=20$ км/год) | 0,729 | 1,120 | 0,704 | 0,073 | 0,398 | 0,263 |

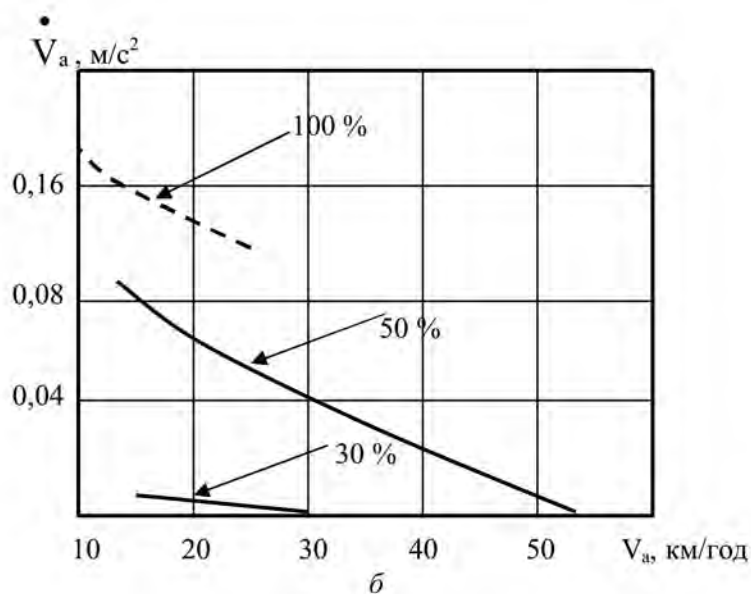
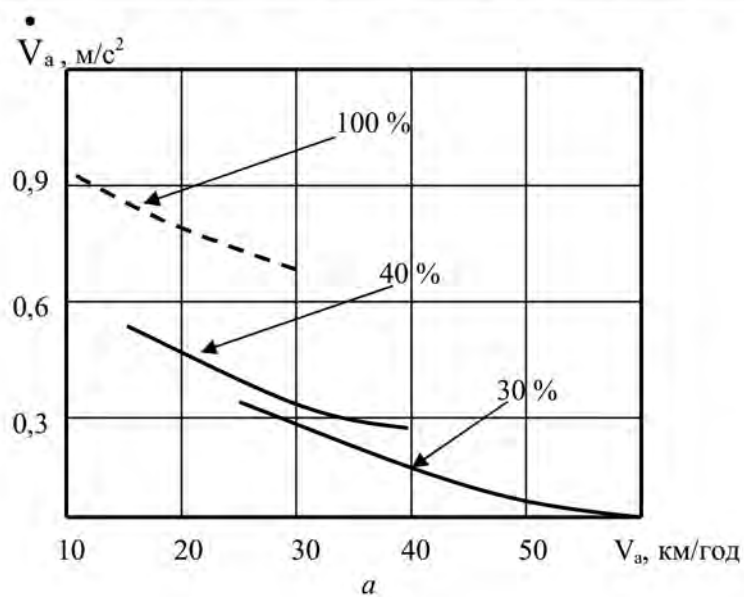


Рис. 1. Залежність зміни величини \dot{V}_a від відсотка використання потужності двигуна та швидкості руху автомобіля КрАЗ-6322:
 а – порожній автомобіль, $G_a=127\ 000$ Н; б – завантажений автомобіль, $G_a=230\ 000$ Н

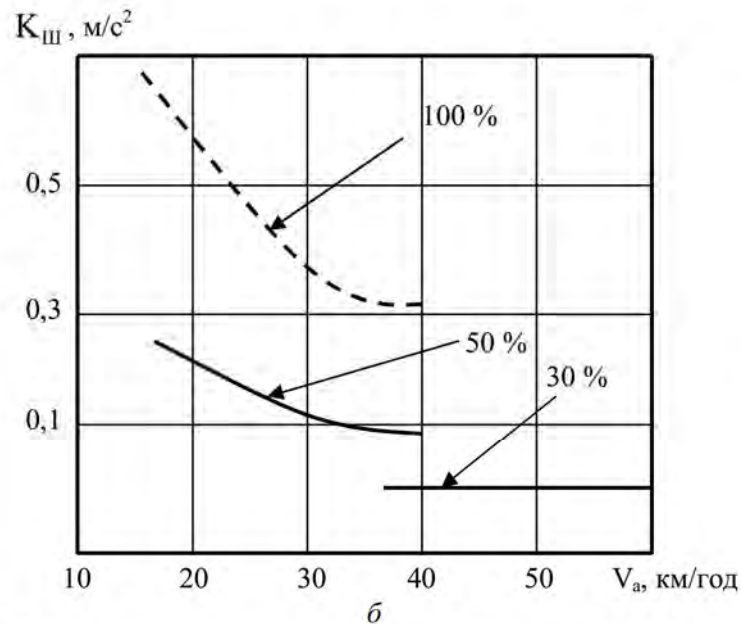
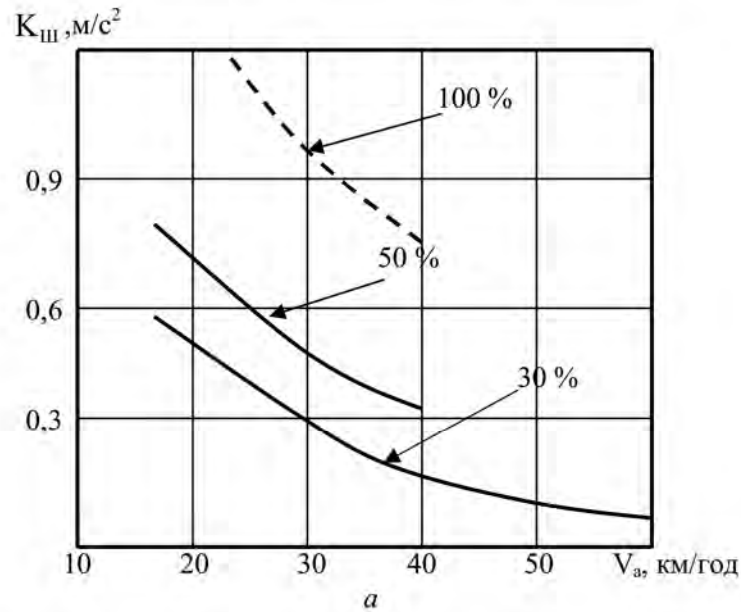


Рис. 2. Зміна величини K_{III} від відсотка використання потужності двигуна та швидкості руху автомобіля КрА3-6322:
 a – порожній автомобіль, $M=127\ 000\ Н$; b – завантажений автомобіль, $G_a=230\ 000\ Н$

Висновки

Енергетичні характеристики безпеки руху транспортного потоку дозволяють не тільки виконувати оціночні розрахунки. Насамперед, вони несуть в собі всебічну інформацію про параметри аварійності залежно від умов експлуатації, що дозволяє об'єктивно відтворювати процес формування безпеки руху, а також вказують шляхи зменшення кількості місць концентрації ДТП, їх кількості та тяжкості.

У перспективі необхідно розробити методичку спільного застосування детермінованої системи оцінювання рівня безпеки дорожнього руху енергетичними характеристиками транспортного потоку з імовірнісними моделями кількісних характеристик аварійності.

Список використаних джерел

1. Абрамова, Л. С. Выявление латентных факторов частных коэффициентов аварийности [Текст] / Л. С. Абрамова, Г. Г. Птица // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 5/4 (59). – С. 32–37.
2. Поліщук, В. П. Визначення рівня безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування [Текст] / В. П. Поліщук, О. Т. Лановий, Т. В. Бондар // Вісник Національного транспортного університету: у 2 ч. Київ : НТУ, 2009. – Вип. 15, ч. 2. – С. 113–121.
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. – Київ : ТОВ “Радуга”, 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. – Київ : ТОВ “Радуга”, 2002. – № 2 (13). – С. 120–124.
5. Обґрунтування вимог до тактико-технічних та експлуатаційних характеристик автомобілів та бойових машин Національної гвардії України : монографія [Текст] / М. А. Подригало, С. А. Соколовський, Р. О. Кайдалов та ін. – Харків : НАНГУ, 2016. – 340 с.
6. 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.
7. Шаша, І. К. Шляхи підвищення ефективності використання автобронетанкової техніки підрозділами Національної гвардії України [Текст] / І. К. Шаша, С. А. Кудімов // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Харків : НАНГУ, 2017. – Вип. 1 (29). – С. 77–80.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2018 р.

УДК 656.13.08

И. К. Шаша, Э. М. Полтавский

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

В статье на основе энергетического подхода к анализу кинематики транспортного потока и уровня безопасности движения предложен метод оценочных детерминированных характеристик. Метод учитывает мощность транспортного потока и его градиенты по времени и пройденному расстоянию. Приведены результаты теоретических исследований энергетических характеристик автомобиля КраЗ-6322, которые создают единую оценочную систему получения информации о процессах формирования уровня безопасности движения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: метод, безопасность движения, модель, характеристика, транспортный поток, аварийность, условия эксплуатации, время, расстояние.

UDC 656.13.08

I. K. Shasha, E. M. Poltavskyi

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR ASSESSING THE LEVEL OF TRAFFIC SAFETY BY THE ENERGY CHARACTERISTICS OF THE TRAFFIC FLOW

Ensuring road safety is a top priority in Ukraine. On the world map of the number of people who died in an accident in 2017, our country has an average, and among the European countries, one of the highest - 13.5 per 100 thousand people. An important issue of ensuring road safety is the definition of conditions for the use of vehicles. The main criteria in determining the group of operating conditions is the relative rate of change in vehicle speed, acceleration of the car and the "noise acceleration" factor of the car. In the article, based on the energy approach to the analysis of traffic flow kinematics and traffic safety, a method of estimating deterministic characteristics is proposed. This method takes into account the power of the traffic flow and its gradients over time and distance traveled. The results of theoretical investigations of the power characteristics of the KrAZ-6322 vehicle are presented, forming a unified evaluation system for obtaining information on the processes of formation of the level of traffic safety. The energy characteristics of traffic flow safety allow not only performing estimation calculations. First and foremost, they carry comprehensive information on the parameters of the accident, depending on the conditions of operation, which allows objectively reproducing the process of formation of traffic safety, indicating ways to reduce the number of places of concentration of traffic accidents, their numbers and severity. In the long term, it is necessary to develop a method of joint application of the deterministic system for assessing the level of road safety by the energy characteristics of the traffic flow with probabilistic models of quantitative characteristics of the accident.

K e y w o r d s: method, traffic safety, model, characteristics, traffic flow, accident rate, operating conditions, time, distance.

Шаша Ігор Костянтинівич – доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України.

Полтавський Едуард Михайлович – старший викладач кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України.