

УДК 656.13

Шелудченко Л.С.

Подільський державний аграрно-технічний університет

Чинчик О.С.

Подільський державний аграрно-технічний університет

Поліщук Д.В.

ТД ВО «Машинобудівний завод»

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОЗНАКИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ ТА ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИДОРІЖНОЇ ТЕРИТОРІЇ

У статті на підставі критерію неперервності кусочно-лінійної функції режимів руху автотранспортних засобів визначено мінімальне значення щільності, інтенсивності та швидкості, за яких колективний рух окремих одиниць автотранспорту набуває характерних ознак синхронізованого автотранспортного потоку та специфіки впливу на придорожні ландшафти.

Ключові слова: автотранспортний потік, синхронізація автотранспортного потоку, функціональні ознаки, кусочно-лінійна функція, екологічна безпека.

Постановка проблеми. Автотранспортним потоком є множина (C) автотранспортних засобів, які беруть участь у спільному русі вздовж деякої ділянки автомобільної дороги і характеризуються такими фізичними ознаками, як габарит (G), динамічний габарит (GD), інтервал руху (I), протилежно напрямлені підмножини (C_1 і C_2) транспортних засобів тощо [2; 3; 6]. Рух автотранспортного засобу в складі автотранспортних потоків значно відрізняється від руху окремого транспортного засобу, що зумовлює зміну навантажувально-швидкісних режимів роботи двигунів, тому й показників витрат пального та, як наслідок, викидів шкідливих речовин в об'єкти навколишнього середовища [5; 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними чинниками, які спричиняють вплив автотранспортних потоків на навколишнє середовище, є склад і структура автотранспортних засобів у потоці, швидкість, навантажувальний режим, інтенсивність і щільність руху, технічний стан і експлуатаційні властивості окремих фізичних одиниць потоку, хімічний склад використаного пального тощо [2; 6].

Окрім суто технічних чинників автотранспортного потоку, визначальним показником міграційних процесів забруднювачів у межах природно-техногенної геоекосистеми (смуги впливу автомобільної дороги) є характеристики автотранспортної мережі [1]. До цих характеристик необхідно віднести показник автотран-

спортної ємності території природно-техногенної геоекосистеми, ландшафтні особливості трасування та конструкційні параметри автомобільної дороги, її технічний стан (зокрема за показником пошкодження дорожнього покриття) та експлуатаційні показники, відповідність щодо рівня інтенсивності автотранспортного потоку і питомого навантаження на дорожні покриття, наявність газопилозахисної інфраструктури в межах резервно-технологічної смуги, локальна варіативність усталеного функціонального стану автотранспортного потоку на ділянках автомобільної дороги з особливими умовами руху (перехрестя та вузли автотранспортної мережі, «спуски-підйоми», серпантини, тунелі, мостові переходи, екодуки) [1; 5; 6; 7].

Постановка завдання. Розглянемо фрагмент автотранспортного потоку спрямованою сукупністю (множиною) автотранспортних засобів на автодорозі (за віссю $x-x$), підмножини (C_1 і C_2) яких рухаються в протилежних напрямках (рис. 1). При цьому вважаємо, що внесок підмножин C_1 і C_2 дорівнює кількості частки по довжині, які припадають на ділянку A_x-B_x автомобільної дороги. Позначимо цю кількість через $R(t, x_{A-B})$.

Оскільки кожний транспортний засіб із $R(t, x_{A-B})$ визначений множиною дійсних чисел на заданому інтервалі, то функція $R(t, x_{A-B})$ неперервна по t є гладкою, тобто має кусочно-неперервні похідні першого і другого порядків. Таким чином, $R(t, x_{A-B})$ є кусочно-лінійною по t

(за умови усталеної швидкості автотранспортного потоку) [4, 7]. У цьому разі:

– інтенсивність автотранспортного потоку:

$$\frac{\partial R}{\partial t} = q(t, x) \quad (1)$$

– щільність автотранспортного потоку:

$$\frac{\partial R}{\partial x} = \rho(t, x) \quad (2)$$

Звідси швидкістю автотранспортного потоку є функція:

$$V(t, x) = \frac{q(t, x)}{\rho(t, x)} \quad (3)$$

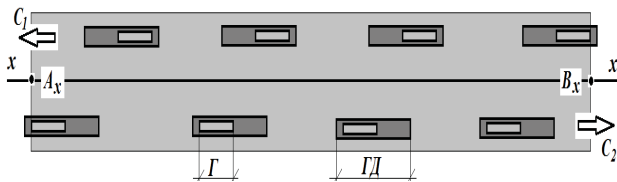


Рис. 1. Фрагмент автотранспортного потоку, підмножини (\$C_1\$ і \$C_2\$) якого рухаються вздовж \$x\$-\$x\$

Якщо швидкість \$V\$ автотранспортного потоку є відомою функцією його щільності \$\rho\$, отримуємо:

$$V = f(\rho) \quad (4)$$

Будемо вважати вираз (4) функцією стану автотранспортного потоку. Тому:

$$q(t, x) = \rho(t, x) \cdot f[\rho(t, x)] \quad (5)$$

а також:

$$\frac{\partial R}{\partial t}(t, x) = \frac{\partial R}{\partial x}(t, x) \cdot f[\rho(t, x)] \quad (6)$$

Відповідно (6) необхідно розрізняти три основних режими руху автотранспортних засобів:

– вільний рух, що характеризується малою інтенсивністю, відсутністю взаємних перешкод поміж окремими автотранспортними засобами і відповідною швидкістю \$V_c\$. Незначна щільність автотранспортних засобів зумовлює нещільну кореляцію поміж \$V_c\$ та \$\rho\$;

– колективний рух (колективний потік), що визначається зростанням щільності \$\rho\$ автотранспортного потоку, колективна швидкість \$V_k\$ автотранспортних засобів визначається проектною пропускною здатністю автодороги. Кореляційний зв'язок \$V_k\$ та \$\rho\$ є достатньо щільним;

– насичений (синхронізований) потік, що характеризується суттєвим взаємовпливом окремих автотранспортних засобів, швидкість автотранспортного потоку \$V_n\$ тісно корелює з інтенсивністю \$q\$ та щільністю \$\rho\$. Характерною рисою синхронізованого автотранспортного потоку є суттєве варіювання значення середньої швидкості потоку. Визначального значення набуває технічний та експлуатаційний стани автомобільної дороги.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Для подальшого аналізу режимів колективного руху автотранспортних засобів узгоджуємо відповідність розрахункової інтенсивності \$q\$ потоку з технічною класифікацією автомобільних доріг за ДБН В.2.3-4:2007 С.5.

Представивши значення щільності \$\rho\$, інтенсивності \$q\$ та характерної швидкості \$V\$ сукупності автотранспортних засобів на фрагменті \$A_x\$-\$B_x\$ автомобільної дороги (рис. 1), відповідно ДБН В.2.3-4:2007 С.5, в основних одиницях \$SI\$ (метр, секунда) функцію стану автотранспортного потоку (4) може бути представленою у матричній формі у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Функціональні ознаки стану автотранспортних потоків

Категорія автомобільної дороги	Швидкість автотранспортного потоку, м/с	Інтенсивність потоку, 1/с	Щільність потоку, 1/м
1-а	41	> 0,17	> 0,005
1-б	38	> 0,17	> 0,004
2	33	0,17	0,005
3	27	0,07	0,003
4	25	0,03	0,001
5	25	0,003	0,0001

Якщо визначити категорію автомобільної дороги деяким бальним показником \$K\$, який набуває значень \$K = 1a; 1б; 2; 3; 4; 5\$ і враховуючи кусочно-лінійний характер функцій (3) і (4) за числовими значеннями матриці, які наведено в таблиці 1, то може бути побудована поверхня відгуку в координатах \$K \sim \rho \sim q\$ (рис. 2).

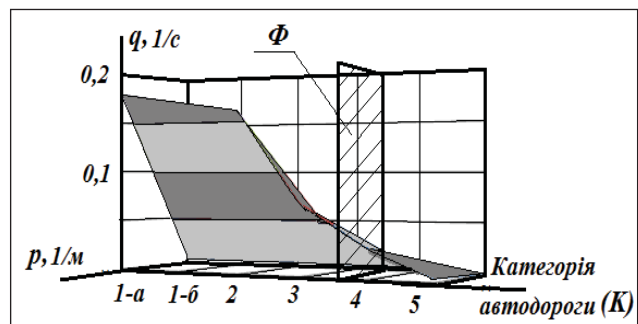


Рис. 2. Поверхня відгуку функціональних ознак стану автотранспортних потоків в координатах: категорія автодороги (\$K\$) ~ щільність автотранспортного потоку (\$\rho\$) ~ інтенсивність автотранспортного потоку (\$q\$)

Графічний аналіз висхідного лівостороннього тренду значень q та ρ (рис. 2) в напрямку зворотного зростання координаті K чітко визначає координати характерної площини Φ , яка відокремлює режим вільного руху автотранспортних засобів від колективного та синхронізованого автотранспортних потоків [4; 7].

Координати цієї площини за значеннями q та ρ становлять:

$$\begin{cases} q = 0,035 \left[\frac{1}{c} \right] \\ \rho = 0,0021 \left[\frac{1}{m} \right] \end{cases} \quad (7)$$

Наведені в (7) значення інтенсивності q та щільності ρ автотранспортного потоку визначають мінімальну швидкість V автотранспортних засобів, за якої відбувається перехід від вільного руху до колективного та синхронізованого потоків, яка, відповідно до (3), становитиме:

$$V = \frac{q}{\rho} = \frac{0,035}{0,0021} = 17,5 \left[\frac{m}{c} \right] \quad (8)$$

Мінімальні значення V , q та ρ , за яких характер руху автотранспортних засобів набуває ознак колективного руху з подальшою синхронізацією автотранспортного потоку, наведено в таблиці 2.

Аналіз даних за показниками інтенсивності q , щільності ρ та швидкості V автотранспортних потоків, які 3 можуть бути віднесені до автодорог із колективним наведено в таблиці 2, свідчить про те, що лише автомобільні дороги категорій

1-а, 1-б, 2 і синхронізованим автотранспортним потоком у відповідності до ДБН В.2.3-4:2007 С.7 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги».

Таблиця 2

Мінімальні значення щільності ρ , інтенсивності q та швидкості V , за яких автотранспортний потік набуває характерних ознак

Інтенсивність автотранспортного потоку, авт/добу	Щільність автотранспортного потоку, авт./км	Швидкість автотранспортного потоку, км/год.
3 024	2,1	63,0

Отримані результати щодо мінімальної межі характерних ознак автотранспортного потоку, повністю збігаються з результатами розрахунків категорії небезпечності автомобільних доріг (як об'єктів господарської діяльності і відповідають вимогам галузевих будівельних норм України ДБН В.2.3-218-007:2012 «Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування»).

Висновки. Мінімальне значення інтенсивності руху автотранспортних засобів, за якого режим вільного руху сукупності фізичних автотранспортних одиниць набуває ознак колективного синхронізованого (когерентного) руху в складі автотранспортного потоку становить 3×10^3 автомобілів/добу, що відповідає нормованим значенням інтенсивності руху для автомобільних доріг категорій 1-а, 1-б, 2, 3.

Список літератури:

1. Бабков В.Ф. Ландшафтное проектирование автомобильных. Москва: Транспорт, 1980. 189 с.
2. Внукова Н.В., Подригало М.А., Калініченко А.В., Коробко А.І. Аналіз та прогнозування європейських екологічних норм для автомобільного транспорту та аналогічні нормативи в Україні. Екологія і промисленість. 2010. № 1 (22). С. 4–9.
3. Внукова Н.В. Вплив автомобільних доріг на екобезпеку комплексу «автомобіль – дорога – середовище». Східно-Європейський журнал передових технологій. 2011. № 5/3 (53). С. 43–46.
4. Глазунов В.Н. Параметрический метод разрешения противоречий в технике. Москва: Речной транспорт. 1999. С. 150.
5. Дзенис П.Я., Рейнфельд В.Р. Пространственное проектирование автомобильных дорог. Москва: Транспорт. 1968. С. 112.
6. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная. [Под ред. В.Н. Луканина]. Москва: Высшая школа. 2001. С. 273.
7. Шелудченко Л.С., Вознюк С.В., Чинчик О.С., Кобринська Л.В., Носко В.Л. Автомобільні дороги: експлуатаційна надійність та екологічна безпека. Кам'янець-Подільський: ПДАТУ. 2017. С. 62.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИДОРОЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ

На основании критерия непрерывности кусочно-линейной функции режимов движения автотранспортных средств установлены минимальные значения плотности, интенсивности и скорости, при которых коллективное движение физических единиц автотранспорта приобретает характерные свойства синхронизированного автотранспортного потока и специфики воздействия на придорожные ландшафты.

Ключевые слова: автотранспортный поток, синхронизация, функциональные свойства, кусочно-линейная функция, экологическая безопасность.

**FUNCTIONAL CHARACTERS OF THE MOTOR VEHICLE FLOW
AND WAYS OF PROVIDING ENVIRONMENTAL SAFETY
OF THE TRANSITIONAL TERRITORY**

On the basis of the continuity criterion for the piecewise linear function of vehicle traffic modes, the minimum values of density, intensity and speed at which the collective movement of physical units of auto transport acquire the characteristic properties of a synchronized motor transport stream are established and the specifics of impact on roadside landscapes.

Key words: *motor flow, synchronization, functional properties, piecewise linear function, ecological safety.*