

Н.О. Семченко, Є.Б. Решетніков

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ГРУП ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТ

Викладені результати досліджень групового руху транспортних засобів високої щільності на магістральних вулицях регульованого руху міста Харків і визначені основні параметри груп. Виконаний аналіз впливу характеру розподілу параметрів групового руху транспортних засобів на організацію і безпеку дорожнього руху.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, транспортний потік, параметри руху груп транспортних засобів.

Постановка проблеми

За останні 25 років в Україні кількість транспортних засобів на 1000 жителів збільшилася в декілька разів, відповідно зросла щільність і інтенсивність транспортних потоків. Вулично-дорожня мережа (ВДМ) міст, яка розраховувалась і будувалася, виходячи із значно меншої інтенсивності руху, виявилася перевантаженою. Питома інтенсивність руху на неї сягає в теперішній час 800 авт./год. і вище. Реконструкція існуючих і будівництво нових транспортних магістралей в містах істотно відстають від темпів автомобілізації. Тому основним напрямом поліпшення функціонування транспортної мережі в теперішній час є подальше впровадження технічних засобів регулювання дорожнього руху. Все це приводить до зміни характеру розподілу і параметрів руху транспортних потоків на ділянках ВДМ міст. Так, з метою підвищення пропускної здатності і безпеки руху за останні роки збільшилася кількість регульованих локальних об'єктів, які є групоутворюючими. За їх наявності переважним режимом руху транспортних засобів на ВДМ міст, особливо їх центральних частин, є груповий. Цей режим характеризується малими часовими інтервалами обгони практично неможливі, швидкості вирівнюються, та ін. Втім, незважаючи на очевидний вплив такого режиму на організацію і безпеку руху його параметри вивчені ще недостатньо

Аналіз моделей руху транспортних потоків на ділянках

Основними параметрами, що характеризують груповий рух, є інтервали між автомобілями, динамічний габарит транспортних засобів, швидкості руху автомобілів в групі і їх кількість, розмір групи і його зміна при русі перегонном.

Аналіз розподілу інтервалів між автомобілями в потоці на транспортній мережі міст дозволив визначити три основних режими руху [1-6]:

- вільний рух, при якому часовий інтервал між автомобілями становить більш, ніж 8с, і вони не оказують впливу один на одного. Такий стан потоку спостерігається при питомій інтенсивності до 300 авт./год. на ділянках транспортної мережі в січеннях, віддалених від групоутворюючих об'єктів на 1000 м і більше. В цьому режимі обгони здійснюються практично без взаємодії між транспортними одиницями Розподіл інтервалів у вільному потоці близький до експоненціального і, отже, прибуття транспортних одиниць потоку в деякому інтервалі в часі або просторі добре описується законом Пуассона [1, 3-7] (див. табл. 1);

- частково зв'язаний потік спостерігається при часових інтервалах руху 2,5 - 8 с і питомою інтенсивністю транспортних засобів в межах 300 - 600 авт./год. При такому стані потоку маневрування окремих автомобілів стає утрудненим, але в окремих випадках має місце. Розподіл інтервалів вже не підпорядковується закону Пуассона і може бути описана змішаними розподілами, або розподілом Пірсона III типу [3, 4, 7] (див. табл. 1);

- груповий, або зв'язаний, характер руху настає в умовах великої, більше 650 авт./год., питомою інтенсивності транспортного потоку. Часові інтервали між транспортними засобами в потоці розподіляються відповідно до логарифмічно нормального закону. Значущими параметрами, що обумовлюють зміну часових інтервалів за руху ТП перегонном від регульованого перехрестя, є інтенсивність ТП і відстань від групоутворювального об'єкта [8, 9] (див. табл. 1).

Як свідчать дослідження [10], максимальна інтенсивність в містах спостерігається на магістраль-

них вулицях і дорогах безперервного та регульованого руху.

Таблиця 1

Межі застосування моделей руху транспортного потоку на ділянках мережі

Теоретичні ймовірнісні моделі транспортного потоку		Інтенсивність в одному напрямі (авт./год.) на одну смугу дороги
розподіл Пуассона	$p_n(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^n \cdot e^{-\lambda t}}{n!},$ <p>де n – кількість автомобілів, що перетинають переріз дороги; λ – інтенсивність руху, авт./год.; t – інтервал часу, год.</p>	Менше 300
змішані розподіли	$p(t) = 0,7e^{\frac{t-0,8}{1,7}} + 0,3e^{\frac{t-0,8}{11,8}},$ $p(t) = Ae^{-\lambda_1 t} + Be^{-\lambda_2 t} + Ce^{-\lambda_3 t},$ $p(t) = p \frac{e^{-N \cdot t} - e^{-N \cdot a}}{1 - e^{-N \cdot a}} + (1 - p)e^{-N \cdot t},$ $p(t) = p_1 e^{-\lambda_1 t} + p_2 e^{-\lambda_2 t} + \dots + p_k e^{-\lambda_k t},$ <p>де $p(t)$ – ймовірність появи в потоці інтервалу t; a – коефіцієнт впливу; N – інтенсивність руху, авт./год.; A, B, C – коефіцієнти, що враховують кількість вільних, частково зв'язаних та зв'язаних автомобілів у потоці ($A+B+C=1$); $e^{-\lambda_1 t}, e^{-\lambda_2 t}, e^{-\lambda_3 t}$ – ймовірності появи інтервалів певної довжини у вільній, частково зв'язаній та зв'язаній частинах транспортного потоку відповідно; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – математичне очікування кількості автомобілів у перерізі дороги за одиницю часу у вільній, частково зв'язаній та зв'язаній частинах транспортного потоку відповідно, авт./с; p_1, p_2, \dots, p_k – кількість автомобілів різних швидкісних груп, що залежить від дорожніх умов, %.</p>	300-600
розподіл Пірсона III типу	$p = \frac{a^k \cdot e^{-at} \cdot t^{k-1}}{\tilde{\Gamma}(k)},$ <p>де p – ймовірність або відносна кількість інтервалів; k, a – коефіцієнти; t – інтервал часу, с; $\tilde{\Gamma}(k)$ – гамма функція (у формулі константа).</p>	300-650
Логарифмічно нормальний розподіл в групі [8, 9]	$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right),$ <p>де $f(t)$ – щільність розподілу ймовірності випадкової величини (значень часового динамічного габариту у групі транспортних засобів); μ – математичне очікування логарифму випадкової величини (параметр масштабу логарифмічно нормального розподілу); $\mu = \ln m$; m – медіана випадкової величини; σ – середньоквадратичне відхилення логарифму випадкової величини (параметр форми логарифмічно нормального розподілу)</p> $\mu = g(N, L),$ $\sigma = h(N, L),$ <p>де N – значення питомої інтенсивності руху, авт./год.; L – значення відстані від групоутворювального об'єкта, м.</p>	Більше 650

З ростом інтенсивності ТП ймовірність появи великих часових інтервалів між автомобілями зменшується. Якщо при значенні питомої інтенсивності 300 авт./год. інтервали, що перевищують 10 с становлять 23 %, то при її зростанні до 700 авт./год. їх кількість зменшується до 3 %. Вірогідність появи інтервалів менших, ніж 3 с при інтенсивності 500 авт./год. становить 51-60 %. Кількість таких інтервалів при зростанні інтенсивності вдвічі сягає вже 78-81 %. При цьому інтервали в межах 1-2 с досягають 45 %, а менші, ніж 1 с – 10 % [3]. Отже, при зростанні питомої інтенсивності модальні значення часових інтервалів зміщуються вбік (у область) малих інтервалів.

Наявність засобів регулювання (як правило, світлофорного) на магістралях регульованого руху призводить до утворення груп транспортних засобів, які рухаються з малими часовими інтервалами.

Незважаючи на принципово інший реальний характер групового руху при високій інтенсивності, всі існуючі методи розрахунку пропускної здатності локальних об'єктів, режимів світлофорного регулювання та ін. базуються на використанні розподілу Пуассона.

Груповий характер руху істотно впливає на безпеку руху. Як свідчать джерела і проведений аналіз ДТП, при груповому характері руху інтервали між автомобілями не відповідають дистанції безпеки за руху з відповідною швидкістю, що призводить до виникнення ДТП у тому числі ланцюгових.

Основними параметрами, що характеризують груповий рух, є інтервали між автомобілями, динамічний габарит транспортних засобів, швидкості руху автомобілів в групі і їх кількість, розмір групи і його зміна при русі перегоню.

Проведені дослідження ставили за мету дослідження параметрів транспортного потоку високої інтенсивності з груповим характером руху на вулично-дорожній мережі міст для підвищення ефективності управління ними і забезпечення безпеки руху.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- проведені експериментальні дослідження параметрів руху груп транспортних засобів на магістральних вулицях регульованого руху м. Харкова.

- виконаний якісний аналіз впливу характеру розподілу параметрів групового руху транспортних засобів на організацію і безпеку дорожнього руху;

Виклад основного матеріалу.

Дослідження параметрів руху груп транспортних засобів на вулично-дорожній мережі міст

Параметри руху автомобілів в групі і параметри руху груп по мережі вивчалися у ході експериме-

нтальних досліджень з метою уточнення закону їх розподілу при високій інтенсивності потоку.

Експеримент проводився на трьох магістральних вулицях загальноміського значення м. Харкова за допомогою відеоспостереження в буденні дні тижня під час максимального навантаження дороги рухом. Пости були розташовані на виході з перехрестя та відстанях 200 м та 400 м від групоутворювального об'єкту. Відео матеріали оброблялися з використанням програмного забезпечення [11].

В результаті обробки експериментальних даних були визначені значення часових інтервалів у групах автомобілів, що утворилися при відході від регульованого перехрестя, в залежності від відстані від нього (рис. 1).

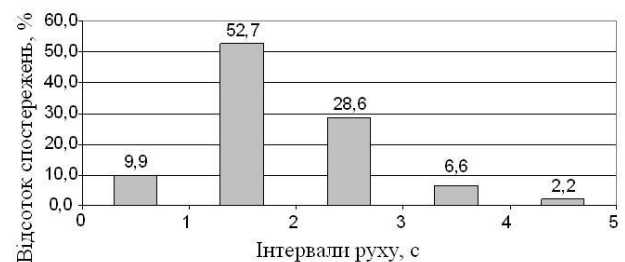


Рис. 1. Гістограма розподілу часового інтервалу руху транспортних засобів у групі на відстані 200 м від групоутворювального об'єкта (перехрестя)

Було встановлено, що їх розподіл підпорядковується логнормальному закону і підтверджується значенням статистики критерію згоди Пірсона ($\chi^2 = 1,60175$, $df = 3$, $p = 0,65899$) [9] (рис. 2).

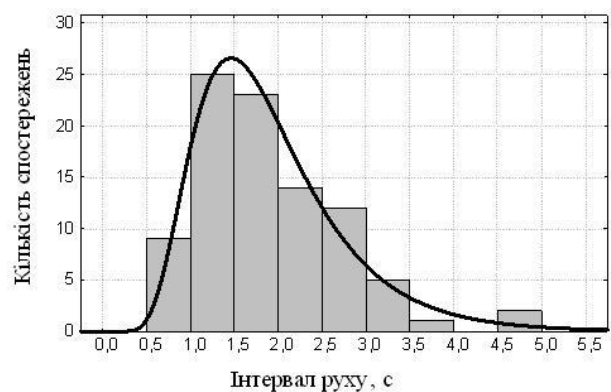


Рис. 2. Теоретичний логнормальний розподіл інтервалів у групі транспортних засобів на відстані 200 м від групоутворювального об'єкта (перехрестя)

У ході обробки експериментальних даних і їх аналізу були отримані також середні значення часового динамічного габариту при різній питомій інтенсивності руху.

На відстані 200 м від регульованого перехрестя була отримана залежність

$$t = 2,1967 - 0,0003 \cdot N, L=200 \text{ м} \quad (1)$$

де t – значення часового динамічного габариту ТЗ, с;

N – значення питомої інтенсивності руху, авт./год.

Отримані коефіцієнт кореляції Пірсона $R = -0,908$ і коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,824$ показують, що параметри мають тісний зв'язок і модель пояснює майже всю мінливість відповідних змінних.

Аналогічно на відстані 400 м від регульованого перехрестя була отримана залежність з коефіцієнтом кореляції Пірсона $R = -0,921$ і коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,848$

$$t = 2,8448 - 0,0008 \cdot N, L=400 \text{ м} \quad (2)$$

які показують, що параметри мають тісний зв'язок і модель пояснює майже всю мінливість відповідних змінних. Регресійні моделі також пройшли перевірку адекватності за схемою: перевірка значущості рівняння регресії; перевірка статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії; перевірка виконання передумов застосування методу найменших квадратів.

Графік залежності середнього часового динамічного габариту ТЗ від питомої інтенсивності руху приведений на рисунку 3, а його відсотковий зріст на відстані 400 м від групоутворювального перехрестя, порівняно зі значеннями, що отримані на відстані 200 м – на рисунку 4.

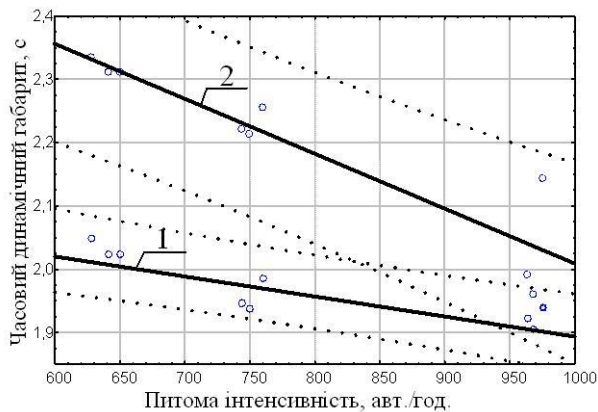


Рис. 3. Залежність середнього часового динамічного габариту ТЗ від питомої інтенсивності руху: 1 – на відстані 200 м; 2 – на відстані 400 м

Отримані методом регресійного аналізу моделі дозволяють визначати середній динамічний габарит залежно від інтенсивності ТП і відстані від групоутворювального об'єкта. При цьому значення середнього динамічного габариту по мірі віддалення від групоутворювального об'єкту зростає на 17 % при

питомій інтенсивності 600 авт./год. і на 8 % при питомій інтенсивності 1000 авт./год. і зменшується зі зростом інтенсивності на 6 % на відстані 200 м і на 15 % на відстані 400 м від групоутворювального об'єкта.

Динамічний габарит і кількість транспортних засобів визначає часовий розмір групи, який залежить від інтенсивності і незначно змінюється при віддаленні від групоутворювального об'єкту. Цей висновок підтверджує твердження Петрова Є.А. [10], що при високій питомій інтенсивності часова тривалість групи автомобілів на ділянках перегону реальної ВДМ центральної частини міст практично не змінюється.

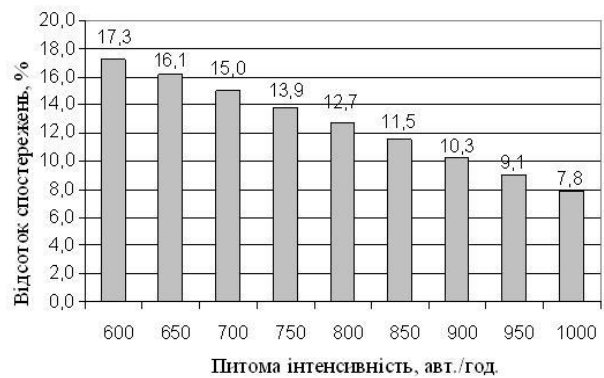


Рис. 4. Відсотковий зріст значень середнього часового динамічного габариту ТЗ на відстані 400 м від потокуутворювального перехрестя, порівняно зі значеннями, що отримані на відстані 200 м

Розподіл часового розміру груп ТЗ при високій питомій інтенсивності і тривалості основного такту 40 с на групоутворювальному перехресті, представлений на рисунку 5.

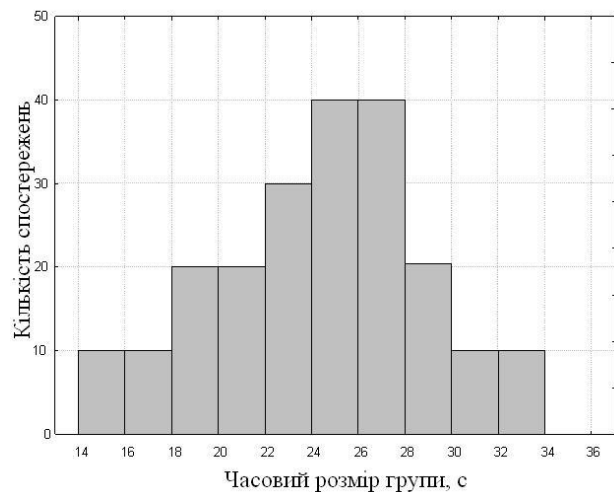


Рис. 5. Гістограма розподілу часового розміру груп транспортних засобів

Визначено, що часовий розмір групи знаходиться в межах 16 – 34 с, а кількість автомобілів в групі коливається від 9 до 19 автомобілів.

Оцінка впливу характеру розподілу параметрів групового руху транспортних засобів на організацію дорожнього руху

Груповий характер транспортних потоків на ділянках між групоутворюючими об'єктами в кожному перерізі перегону характеризується явно вираженим чергуванням вільних і блокованих проміжків часу. Це суттєво впливає на організацію руху на об'єктах ВДМ міст (ізолювані перехрестя, групи перехресть, пішохідні переходи та ін.). Незважаючи на принципово інший реальний характер руху, всі існуючі методи розрахунку пропускної здатності локальних об'єктів, режимів світлофорного регулювання та ін. базуються на використанні розподілу Пуассона.

Для прикладу розглянуто вплив характеру руху транспортних засобів на пропускну здатність нерівнозначного перехрестя при зміні інтенсивності транспортного потоку по головній дорозі.

Кожному значенню інтенсивності руху по головному напрямку відповідає певне число автомобілів другорядного напрямку, які можуть перетнути або влитися в основний потік. У зв'язку з цим, поняття пропускна здатність перетину означає можливі співвідношення інтенсивностей руху на вулицях або дорогах, що перетинаються. Це співвідношення визначається інтенсивністю руху по головному напрямку.

Можлива інтенсивність руху зі сторони другорядного напрямку залежить від характеру розподілу інтервалів руху між автомобілями у групі, або між групами (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив характеру руху транспортних засобів на пропуску здатність нерівнозначного перехрестя

Параметр	Характер руху транспортних засобів на головному напрямку	Інтенсивність головного напрямку, авт./год.		
		400	600	800
Інтенсивність другорядного напрямку, авт./год.	Рівномірний	800	0	0
	Розподіл Пуассону	913	650	445
	Груповий	690	615	532

При розрахунках прийнято середнє значення граничного інтервалу для перетину основного потоку $t_{гр} = 8$ с; проміжок часу руху змішаного потоку автомобілів з черги, що стоїть на другорядній дорозі нерегульованого перетину $\Delta t = 4$ с. Режими світло-

форного регулювання визначалися згідно існуючої методики.

Як видно з таблиці 2, при високій інтенсивності і груповому характері руху на головній дорозі пропускна здатність другорядного напрямку збільшується порівняно з розрахунками згідно розподілу Пуассона.

Якщо цикл світлофорного регулювання на перехресті, де утворюється група, становить 60 с, а тривалість основного такту на головному напрямку (з приведеною інтенсивністю 750 авт./год.) 30 с, середнє значення вільного проміжку часу на перетинанні, що знаходиться на відстані до 500 м, при насиченій фазі становить 25 с. Якщо цей перетин не регульований, інтенсивність руху кожного напрямку другорядної дороги за цей час може дорівнювати 300 авт./год. Згідно існуючим нормам на такому перехресті необхідно встановлювати світлофорне регулювання при значно менших значеннях інтенсивності руху по другорядній дорозі. Це свідчить про необхідність корегування критеріїв введення світлофорного регулювання при груповому характері руху на міських магістралях.

Характер розподілу параметрів групового руху необхідно враховувати також в розрахунках стрічки часу при координованому управлінні, часу проїзду локальних об'єктів, організації пішохідних переходів, тощо.

Оцінка впливу характеру розподілу параметрів групового руху транспортних засобів на безпеку дорожнього руху

За даними Управління безпеки дорожнього руху в 2017 р. порівняно з 2016 р. кількість дорожньо-транспортних пригод зросло на 2,4 % в тому числі у Харківській області на 2,5 % [12]. Кількість ДТП з постраждалими, скоєних внаслідок недодержання дистанції збільшилась, порівняно з 2016 р., на 12 %. Оцінка впливу параметрів групового потоку на безпеку руху полягала у визначенні швидкісного режиму і метричних інтервалів між автомобілями.

У ході обробки даних експерименту за методикою, наведеною у [8, 9] і за допомогою програмного забезпечення «GetIntervalDistribution» [11] були визначені швидкості руху транспортних засобів і з'ясовано, що 40 % автомобілів у групах грубо порушують правила дорожнього руху і перевищують дозволену швидкість, яка на період проведення експерименту становила 60 км/год. (рис. 6).

Також у ході обробки даних експерименту визначено, що значення інтервалів між автомобілями підпорядковуються логнормальному розподілу ($\chi^2 = 1,61366$, $df = 6$, $p = 0,95159$) (рис. 7). У групах транспортних засобів переважають інтервали 10-30 м.

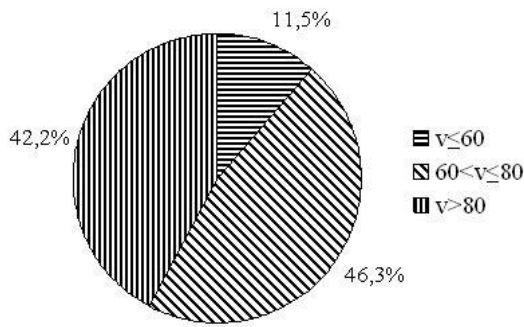


Рис. 6. Розподіл швидкостей транспортних засобів у групах

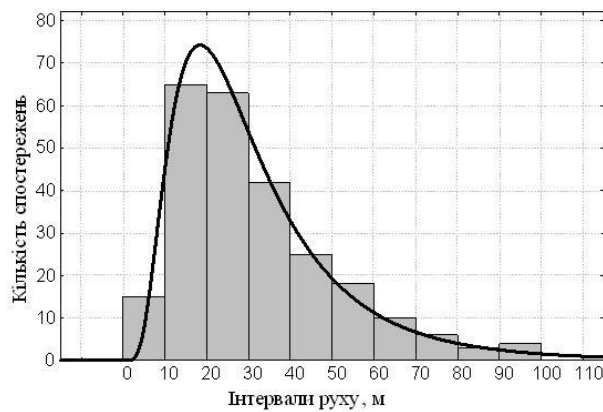


Рис. 7. Метричні інтервали руху транспортних засобів

Реальні дані метричних інтервалів руху порівнювалися з мінімальною теоретично необхідною дистанцією безпеки (див. рис. 8), яка визначалась за формулою 3.

$$\ddot{A}_a = l_o + (t_1 + t_2) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2 (\hat{E}_{\dot{V}_c} - \hat{E}_{\dot{V}_i})}{254 \cdot \varphi}, \quad (3)$$

де V_a – швидкість автомобіля, км/год.;

t_1 – час реакції водія, с;

t_2 – час запізнення спрацювання гальмівної системи, с;

l_o – зазор безпеки, м;

φ – коефіцієнт зчеплення;

$K_{Эз}, K_{Эп}$ – коефіцієнти ефективності гальмування заднього та переднього автомобілів.

При розрахунках за формулою (3) приймалися наступні вихідні дані: $(t_1 + t_2) = 1,2$ с, $l_o = 5$ м, $\varphi = 0,7$. Коефіцієнт ефективності гальмування різний для різних автомобілів; навіть у однієї і тієї ж марки автомобіля він може відрізнятися – залежно від завантаження, стану гальм і т. ін. Втім, основним фактором, що впливає на нього, є склад транспортного потоку.

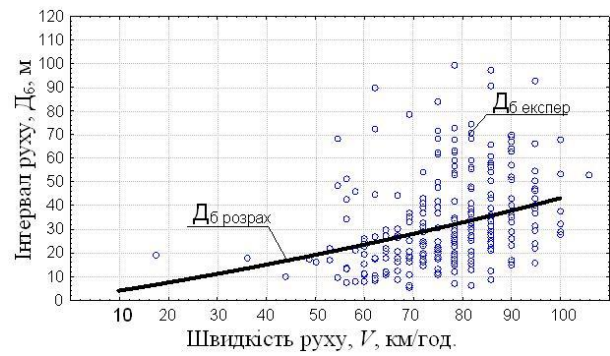


Рис. 8. Порівняння експериментальних значень інтервалів руху транспортних засобів у групі і розрахункових даних дистанції безпеки залежно від швидкості руху транспортного засобу

При проведенні експериментальних досліджень було встановлено, що частка вантажних автомобілів і автобусів не перевищує 10 % і склад транспортного потоку можна вважати однорідним. Для однорідного потоку, що складається з легкових автомобілів різниця в коефіцієнтах ефективності не перевищує 0,2. Це значення було прийняте при розрахунках.

При швидкості 40 км/год. спостерігаються автомобілі, що порушують необхідну дистанцію безпеки і зі зростом швидкості руху порушників стає дедалі більше, що може спричинити виникнення ДТП. Проведене дослідження інтервалів між автомобілями у групах дозволяє стверджувати, що вони менші за дистанцію безпеки у 57 % від їх загальної кількості.

Відсоток транспортних засобів, які не дотримуються дистанції безпеки залежно від швидкості руху, показаний на рисунку 9.

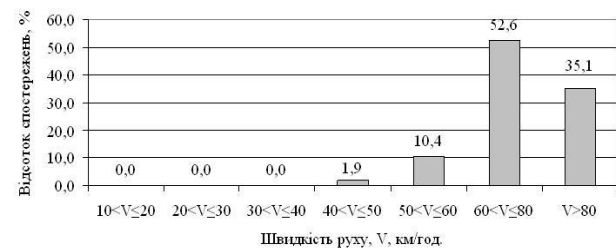


Рис. 9. Відсоток транспортних засобів, які не дотримуються дистанції безпеки залежно від швидкості руху

Висновки

1. Характер розподілу транспортних засобів в транспортному потоці впливає на вибір методів організації і безпеку дорожнього руху.

2. Існуючі методи розрахунку прибуття транспортних засобів засновані на ймовірностному розподілі автомобілів в транспортному потоці і залежить від інтенсивності руху.

3. При наявності групоутворювальних об'єктів рух транспортних засобів стає груповим.

4. Часова довжина групи транспортних засобів залежить від величини часового динамічного габариту автомобілів, який в свою чергу залежить від інтенсивності транспортного потоку, параметрів роботи групоутворювального об'єкту і відстані від нього.

5. Характер розподілу параметрів групового руху впливає на розрахунок стрічки часу при координованому управлінні, часу проїзду локальних об'єктів та безпеку руху.

6. Експериментальні дослідження на магістральних вулицях з питомою інтенсивністю ТП, що перевищує 600 авт./год. дозволило встановити, що значення часового (і метричного) інтервалу між транспортними засобами в групах розподіляються відповідно до логарифмічно нормального закону.

7. Отримані методом регресійного аналізу моделі дозволяють визначити середній динамічний габарит залежно від інтенсивності ТП. При цьому значення середнього динамічного габариту по мірі віддалення від групоутворювального об'єкту зростає на 17 % при питомій інтенсивності 600 авт./год. і на 8 % при питомій інтенсивності 1000 авт./год. і зменшується зі зростом інтенсивності на 6 % на відстані 200 м і на 15 % на відстані 400 м від групоутворювального об'єкта. За результатами чисельного експерименту визначено, що рівень значущості апроксимуючих моделей не перевищив 0,05, розрахункове значення критерію Фішера для всіх моделей більше табличного, що підтверджує інформаційну здатність отриманих апроксимуючих моделей.

8. В ході дослідження встановлено, що 40 % автомобілів у групах грубо порушують правила дорожнього руху і перевищують дозволену швидкість.

9. Проведене дослідження інтервалів між автомобілями у групах дозволяє стверджувати, що вони менші за дистанцію безпеки у 57 % від їх загальної кількості. У ході аналізу з'ясовано, що з них при швидкості руху 40-50 км/год. не дотримуються дистанції безпеки близько 2% транспортних засобів, при швидкості 50-60 км/год. – 10,4 %; при швидкості 60-80 км/год. – 52,6 %; при швидкості, що перевищує 80 км/год. – 35,1 %.

10. Урахування групового характеру транспортного потоку при впровадженні технічних засобів організації дорожнього руху дозволить скорегувати критерії їх застосування, що дозволить отримати значний економічний ефект.

Література

1. Хейт, Ф. *Математическая теория транспортных потоков [Текст] / Ф. Хейт; пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – 286 с.*

2. Robertson, D. I. (1969). *TRANSYT: a traffic network study tool.* (Road Research laboratory Report, LR 253, 37). Crowthorne, Berkshire.

3. Петров, В. В. *Управление движением транспортных потоков в городах [Текст]: монография / В. В. Петров. – Омск: СибАДИ, 2007. – 92 с.*

4. *Пропускная способность автомобильных дорог [Текст] / В.В. Сильянов, Е.М. Лобанов, М.Н. Сапегин, Ю.М. Ситников и др.] – М.: Транспорт, 1970. – 152 с.*

5. Дрю, Д. *Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю; пер. с англ. Е. Г. Коваленко и Г. Д. Шермана; под редакцией чл. – корр. АН СССР Н. П. Бусленко. – М.: Транспорт, 1972. – 423 с.*

6. Иносэ, Х. *Управление дорожным движением [Текст] / Х. Иносэ, Т. Хамада; под. ред. М. Я. Блинкина [пер с англ.]. – М. Транспорт, 1983. – 248 с.*

7. Красников, А. Н. *Закономерности движения на многополосных автомобильных дорогах [Текст] / А. Н. Красников. – М.: Транспорт, 1988. – 111 с.*

8. Гецович, Е. М. *Методика экспериментального определения распределения параметров транспортных потоков [Текст] / Е. М. Гецович, Н. А. Семченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий / Информационные технологии. – 2011. – №6/2(54). – С. 67 – 68.*

9. Гецович, Е. М. *Экспериментальные исследования распределения временных интервалов в транспортном потоке городов [Текст] / Е. М. Гецович, Н. А. Семченко, В. А. Голота // Восточно-европейский журнал передовых технологий / Системы управления. – 2012. – №2/3(56). – С. 57 – 61.*

10. Петров, Е. А. *Моделирование движения транспортного потока высокой интенсивности [Текст] / Е. А. Петров // Омский научный вестник. – 2002 – № 21 – С. 137 – 138.*

11. Лазурик, В. Т. *Разработка информационной системы исследования параметров транспортных потоков [Текст] / В. Т. Лазурик, Е. М. Гецович, Е. В. Диденко, Н. А. Семченко, В. Ю. Король // Транспортные системы мегаполисов. Проблемы и пути решения: междунар. науч.-практ. конф., 11-12 октября 2011 г.: труды. – Х., 2011. – С. 15 – 17.*

12. *Статистика аварійності в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/>*

References

1. Haight, Frank A. (1966). *Mathematical Theories of Traffic Flow.* Moscow, Mir.

2. Robertson, D. I. (1969). *TRANSYT: a traffic network study tool.* (Road Research laboratory Report, LR 253, 37). Crowthorne, Berkshire.

3. Petrov, V. V. (2007). *Traffic Management in Urban Traffic.* A Monograph, Omsk: SibADI.

4. Silyanov, V. V., Lobanov, E. M., Sapegin, M. N., Sitnikov, Yu. M., et al. (1970). *The capacity of highways.* Moscow: Transport.

5. Drew, D. (1972) *Traffic flow theory and control.* Moscow: Transport.

6. Inose, H. (1983) *Traffic control.* Moscow: Transport.

7. Krasnikov, A.N. (1988). *Regularities of traffic on multi-lane highways.* Moscow: Transport..

8. Getsovich, E.M., Semchenko, N.A. (2011). *The technique of experimental definition of distribution of transport flows*

- parametres. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information Technologies*, 6/2(54), 67-68.
9. Getsovich, E. M., Semchenko, N.A., Golota, V. A. (2012). Experimental researches of distribution of time intervals in the transport flow of urbans. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Control Systems*, 2/3(56), 57-61.
10. Petrov, E.A. (2002). Modeling of high-intensity traffic flow. *Omsk Scientific Herald*, 21, 137-138.
11. Lazurik, V. T., Getsovich, E.M., Didenko, E. V., Semchenko, N.A., Korol. V. Yu. (2011). *Development of an information system for the study of parameters of traffic flows* Transport systems of megacities. Problems and solutions: international. scientific-practical konf., October 11-12, 2011: works. - Kharkov, 2011. - pp. 15 - 17.
12. Statistics of accidents in Ukraine (n.d.). Retrieved from: <http://www.sai.gov.ua/>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Лобашов, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: СЕМЧЕНКО Наталія Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент кафедри організації та безпеки дорожнього руху Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
E-mail – nat-semchenko@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5946-0402>

Автор: РЕШЕТНИКОВ Євген Борисович
кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри організації та безпеки дорожнього руху Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
E-mail – reshebor@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3150-8224>

RESEARCH OF VEHICLE GROUPS MOVEMENT PARAMETERS ON THE TRANSPORT NETWORK OF CITIES

N. Semchenko, Ye. Reshetnikov

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Due to the sharp increase in quantity of cars on the transport network of Ukrainian cities, which is currently overloaded, the subsequent introduction of technical means of traffic control leads to an increase in quantity of regulated local facilities that form groups of vehicles. The main mode of movement of vehicles on a network of cities becomes group, which leads to a change of character of distribution and traffic flow parameters, but despite the obvious influence of such a regime on the organization and traffic safety, its parameters have not been studied enough.

The goal is to determine and clarify the distribution law of the main parameters that characterize group movement at high flow intensity, namely: dynamic dimension of vehicles, intervals between cars, speeds of vehicles in a group and their quantity, group size and its change during movement.

Experimental researches of traffic on the road network were performed using video during periods of maximum loading. The results were processed using the methods of mathematical statistics and regression analysis.

According to experimental results there were obtained the logarithmic normal probabilistic law of time intervals distribution in groups of dense traffic flows, the specific intensity of which exceeds 600 vph; the changes in basic characteristics of the vehicles group in the traffic flow when driving through the road crossing taking into account its intensity and the distance from the group forming object are determined. As well as, the distribution of hourly size of groups, the distribution of vehicle speeds in groups, hour and metric intervals between cars were obtained.

A comparison of the experimental values of the intervals of movement of vehicles in the group and the calculated data of the safety distance, depending on the speed of movement were hold.

Originality lies in the fact that the patterns of movement of groups of vehicles of dense traffic flows of high specific intensity on short sites are investigated.

Increase of efficiency and traffic safety of vehicles on a road network is possible at introduction of automated control systems. They will allow to control traffic flows on the basis of information on traffic flows. The obtained research results can be used in the implementation of automated traffic control systems.

Keywords: *street-road network, traffic flow, traffic parameters of groups of vehicles.*