

УДК 656.11

Каишканов В. А., к.т.н., доц.; Осьмірко С. О.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА

*В публікації розглядається методи дослідження дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міста. Визначено показники та закономірності руху транспортного потоку у містах. Встановлено чинники, які зменшують інтенсивність руху транспортного потоку та погіршують пропускну здатність елементів вулично-дорожньої мережі міста.*

*The publication considers the methods of traffic research on the street and road network of the city. Indicators and patterns of traffic flow in cities are determined. Factors that reduce the intensity of traffic flow and worsen the capacity of the elements of the street and road network of the city are identified.*

**Вступ.** На вулично-дорожній мережі (ВДМ) міст виникають проблеми, які пов'язані з великим скупченням автомобілів на окремих ділянках мережі та з перенасиченням руху, внаслідок чого переваги від використання автомобільного транспорту значно зменшуються [1]. Одні проблеми полягають в зменшенні швидкості руху, утворенні заторових ситуацій, що в свою чергу підвищує собівартість перевезень, знижує продуктивність автомобільного транспорту, а також веде до зниження рівня безпеки руху. Інші в невідповідності існуючої вулично-дорожньої мережі сучасним транспортним потокам, в недосконалості організації дорожнього руху на окремих ділянках доріг та перехресть [2-5].

У вітчизняній і зарубіжній практиці досліджень дорожнього руху відомо багато методів, починаючи від найпростіших, виконання яких доступно одній людині без спеціального оснащення, і закінчуючи складними і трудомісткими, вимагають застосування сучасної електронної апаратури і рухливих лабораторій [3, 4]. Різноманіття методів пояснюється, з одного боку, великим числом завдань, що вирішуються за допомогою організації руху, та умов, а з іншого - постійним вдосконаленням апаратури, яка застосовується для отримання первинних даних та їх обробки.

На рис. 1 представлена класифікація найбільш поширених методів дослідження характеристик та умов дорожнього руху, в основу якої покладено спосіб отримання необхідної інформації.



Рисунок 1 – Класифікація методів дослідження дорожнього руху [3, 5]

Для дослідження інтенсивності транспортного потоку слід використовувати натурний метод, який дозволяє чітко визначити інтенсивність руху транспортних засобів у години пік та порахувати кількість пішоходів у різну пору доби. Цей метод є найпростіший і водночас найпоширеніший.

Даним видом досліджень користуються у більшості країн Європи, для розвитку системи мобільності та подальшого використання даних у транспортній моделі міста. Натурні обстеження можна отримати за допомогою засобів автоматичної реєстрації, а також за допомогою обліковців на постах.

**Результати досліджень.** На автомобільних дорогах одночасно здійснюється рух багатьох однотипних автомобілів, що відрізняються технічним станом та їхньою завантаженістю. Цими автомобілями керують водії різного віку, різної кваліфікації, яким притаманні певні індивідуальні особливості керування автомобілем, причому автомобілі керуються більш чи менш вільним бажанням водія, маневри кожного із автомобілів можуть розглядатися як вірогідні події. Однак, у випадках, що відбуваються на вулицях великих міст або на швидкісній дорозі, дуже часто можна спостерігати велику кількість автомобілів, що рухаються в групі, підкоряючись необхідним вимогам, встановленим конкретними умовами, характерними для певної сукупності транспортних засобів, які рухаються по визначеній ділянці дороги руху. Сукупність автомобілів, які рухаються на дорогах, створюють транспортні потоки.

Транспортний потік, що рухається по вулично-дорожній мережі, складається з багатьох автомобілів, які мають різні початкові та кінцеві пункти руху.

У кожному транспортному потоці відбувається взаємодія між автомобілями [5]:

- встановлюються інтервали між автомобілями, величина яких залежить від швидкості руху, індивідуальних особливостей водія і дорожніх умов;
- виконуються обгони транспортних засобів, які їдуть з меншою швидкістю, транспортними засобами, що рухаються з більшою швидкістю;
- здійснюється гальмування автомобілів і їхня зупинка при виникненні на дорозі заторів.

Усе це (встановлення інтервалів, обгони, гальмування) створює перешкоди руху, знижує пропускну здатність, збільшує час, який необхідний для здійснення запланованого рейсу, підвищує витрати пального і т. п.

Проведений аналіз характеристик руху [4] дає можливість встановити, що за нормальних дорожніх умов основним показником, який визначає час та інші характеристики транспортного потоку, є пропускну здатність дороги.

Пропускна здатність автомобільних доріг є складною і неоднозначною характеристикою дороги. На величину пропускну здатності впливає багато факторів, серед яких можна виділити: дорожні умови, характеристики транспортного потоку, психофізіологічні особливості водія, рівень кваліфікації водіїв, технічний стан транспортних засобів, погодні умови, час доби, соціальні фактори і т.д.

Усі ці фактори тісно пов'язані між собою. Величина пропускну здатності визначається співвідношенням тих чи інших факторів, які мають випадковий характер. Оскільки зміна всіх перерахованих факторів приводить до зміни швидкості руху й щільності потоку автомобілів, ці два показники впливають на величину пропускну здатності автомобільної дороги.

Пропускна здатність дороги характеризується максимальною інтенсивністю у частково пов'язаному режимі з деякими зниженнями швидкості порівняно зі швидкістю поодинокого автомобіля.

Найважливішим показником транспортного потоку є середня швидкість руху, яка визначає ефективність транспортної мережі.

Середня швидкість транспортного потоку визначається за такою формулою [3]

$$v = \frac{n \cdot L}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{t_c}, \quad (1)$$

де  $n$  - кількість автомобілів в потоці;  $L$  - довжина ділянки дороги, км;  $t_i$  - час проїзду ділянки 1-м автомобілем з урахуванням всіх затримок, год;  $t_c$  - середній час проїзду ділянки дороги, год.

З використанням отриманих даних про середні швидкості сполучення можна передбачити передзаторовий стан потоку на певній ділянці дороги або вільний режим руху.

Важливим значенням швидкості при визначенні показників, що характеризують ефективність організації дорожнього руху є швидкість сполучення  $v_c$ , яка є вимірником часу доставки вантажів і пасажирів. Швидкість сполучення визначається як відношення відстані між точками сполучення до часу перебування в дорозі (часу сполучення). Цей же показник застосовується для характеристики швидкості по окремих ділянках доріг.

Темп руху є показником, зворотним швидкості сполучення, і вимірюється часом в секундах, що витрачається на подолання одиниці довжини шляху в кілометрах.

Графічно рівномірний рух транспортного потоку можна представити у вигляді діаграми, як показано на рис. 2.

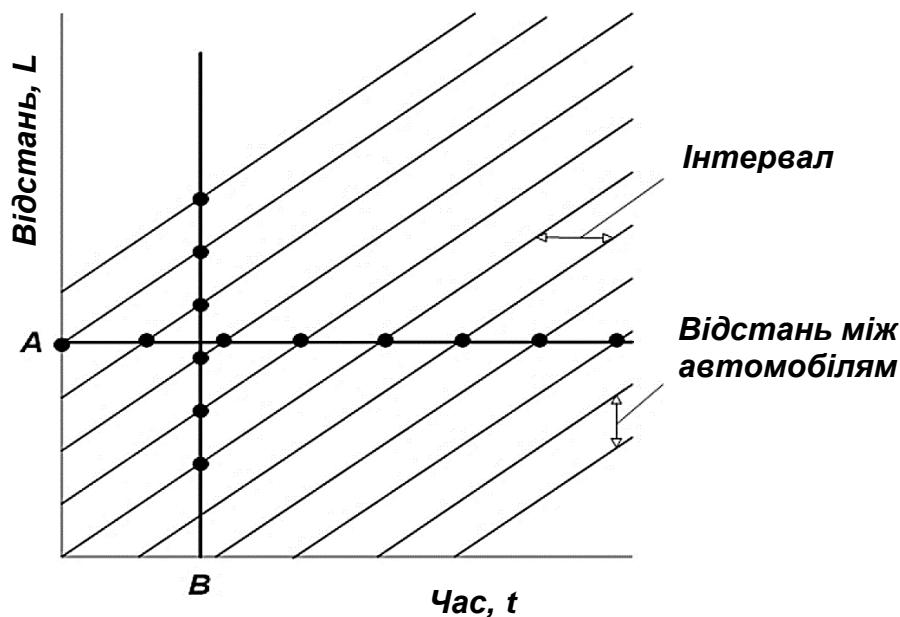


Рисунок 2 – Рівномірний транспортний потік

На діаграмі рух окремого автомобіля представлено прямою лінією - траєкторією руху, тому що прийнято, що швидкість руху постійна, тоді нахил лінії відповідає швидкості руху  $v = dl/dt$ .

Сукупність траєкторій руху окремих автомобілів утворює транспортний потік. Точки на діаграмі відповідають положенню окремих автомобілів в відповідний момент часу.

Горизонтальна лінія  $A$ , перетинаючись з траєкторіями руху автомобілів, представляє інтервали часу, через які вони проїжджають певний перетин дороги (стаціонарно розташованого спостерігача). Кількість перетинів за одиницю часу визначає інтенсивність транспортного потоку - кількість транспортних засобів, що проходять за одиницю часу в одному напрямку на певній ділянці дороги.

Вертикальна лінія  $B$ , перетинаючись з траєкторіями руху окремих автомобілів, представляє відстані між ними. Кількість перетинів відповідає числу автомобілів, що знаходяться на певному відрізку дороги - щільності транспортного потоку.

Між швидкістю руху  $v_a$ , щільністю  $q_a$  та інтенсивністю  $N_a$  існує співвідношення, яке називається фундаментальним виразом транспортного потоку [3]:

$$N_a = v_a \cdot q_a \quad (2)$$

Всі три величини в цьому виразі знаходяться в складній взаємозалежності, тому не можна аналізувати його, фіксуючи одну з них і довільно змінюючи значення іншої. Підвищення швидкості руху знижує щільність потоку, тому інтенсивність руху може зростати, залишатися постійною або знижуватися в залежності від відносної величини цих двох протидіючих чинників.

Транспортна інфраструктура міста має суттєвий вплив на умови руху. Основна причина виникнення заторів на вулицях - обмеження пропускної здатності на перехрестях і наявність перешкод руху на перегонах (припарковані автомобілі, громадський транспорт, що зупинився на проїжджій частині і т. п.).

**Висновки.** Найбільші втрати часу і, отже, виражена нерівномірність руху, спостерігається на ділянках ВДМ, де є вуличні парковки, зупинки громадського транспорту і пішохідні переходи. Тобто, перш за все, необхідно вживати заходів щодо забезпечення рівномірності пропускної здатності вулиці, з урахуванням типу перетинів і регулювання руху на них.

Як в часі, так і по відстані інтервали між автомобілями є характеристиками, від яких залежить пропускна здатність смуги руху. На величину інтервалів між автомобілями впливають швидкість та інтенсивність руху, тому істотний перерозподіл інтервалів між автомобілями спостерігається при появі в потоці вантажних автомобілів або автобусів, які мають низькі швидкості руху.

### Список використаних джерел

1. Кашканов В. А., Лужанський Д. М. Необхідність покращення ефективності організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міст. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 95-97.

2. Кашканов В. А., Каспрук В. О. Напрямки підвищення рівня обслуговування дорожнього руху. Матеріали IX-ої міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2021 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 107-111. URL: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2021.pdf>

3. В. М. Першаков, А. О. Белятинський, О. В. Степанчук, Р. В. Кротов. Дослідження транспортних потоків в аспекті заторових станів дорожнього руху: Монографія. К. : НАУ, 2015. 177 с.

4. Донченко В. В., Кунин Ю. И., Мехоношин В. В., Казьмин Д. М. Транспортное моделирование: Методологические основы, программные средства и практические рекомендации. М.: Автополис-плюс, 2008. 112 с.

5. Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах : монографія / за заг. ред Є. Ю. Форнальчика. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 236 с.

**Кашканов Віталій Альбертович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [kash\\_2004@ukr.net](mailto:kash_2004@ukr.net)

**Осьмірко Сергій Олександрович** – студент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [sergiyosmirko@gmail.com](mailto:sergiyosmirko@gmail.com)

**Kashkanov Vitaliy** - Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [kash\\_2004@ukr.net](mailto:kash_2004@ukr.net)

**Osmirko Serhiy** - student, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [sergiyosmirko@gmail.com](mailto:sergiyosmirko@gmail.com)