

УДК 656.11

О.С.Процишин

Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МИТТЄВИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ У ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ

У роботі розглянуто теоретичні підходи щодо класифікації швидкості руху, її взаємозв'язок з іншими первинними показниками транспортного потоку, а також чинники, які впливають на швидкісні режими окремих транспортних засобів у транспортному потоці. Особливу увагу присвячено дослідженням миттєвих швидкостей на прямолінійних ділянках вулично-дорожньої мережі, як однієї з основних ознак, які характеризують умови безпеки руху.

Ключові слова: транспортний потік, миттєва швидкість руху, інтенсивність руху, транспортна система, дорожньо-транспортна подія

Рис 1. Форм 5. Літ 10.

О.С.Процишин

ИССЛЕДОВАНИЯ МГНОВЕННЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ

В работе рассмотрены теоретические подходы к классификации скорости движения, ее взаимосвязь с другими первичными показателями транспортного потока, а также факторы, влияющие на скоростные режимы отдельных транспортных средств в транспортном потоке. Особое внимание посвящено исследованию мгновенных скоростей на прямолинейных участках улично-дорожной сети, как одной из основных признаков, характеризующих условия безопасности движения.

Ключевые слова: транспортный поток, мгновенная скорость движения, интенсивность движения, транспортная система, дорожно-транспортное происшествие.

О.Protsyshyn

RESEARCH OF INSTANTANEOUS VELOCITY IN TRAFFIC FLOW

In the article theoretical approaches for traffic speed classification, its interconnection with other initial traffic flow parameters and the factors that influence on the single vehicle speed mode in the traffic flow are considered. Special attention is paid to instantaneous velocity investigations at the rectilinear sections of street network, which is the main sign of traffic safety.

Key words: traffic flow, instantaneous velocity, traffic volume, transport system, road accident.

Постановка проблеми

Під час розгляду проблем, які мають відношення до системи «транспортні потоки – дорожні умови» (ТП – ДУ), багато уваги приділяється питанням швидкості руху, формуванню швидкісних режимів та чинникам, які їх визначають. Як відомо, швидкість є цільовою функцією дорожнього руху [3,6,7]. Оцінка ступеня зручності поїздки на транспортному засобі пов'язана зі швидкістю руху або з оберненою до нею величиною – тривалістю поїздки [2,7]. Окрім того, забезпечення певних швидкісних режимів впливає на продуктивність роботи вантажного та пасажирського транспорту зокрема та ефективність функціонування транспортної системи загалом. Швидкість пов'язана з економічністю, безпекою та якістю обслуговування.

Швидкість руху окремих автомобілів та швидкісні параметри усього транспортного потоку залежать від інтенсивності руху, дорожньо-планувальних чинників, кліматичних умов, психофізіологічних особливостей водія тощо.

За можливості водії рухаються зі швидкостями, які, на їх думку, є найбільш оптимальними для даного виду поїздки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У теорії та практиці дорожнього руху розрізняють такі типи швидкостей: миттєву (швидкість руху одиночного автомобіля у даному місці в даний час, зафіксована на короткій ділянці дороги або за короткий проміжок часу), сполучення (відношення пройденого шляху з урахуванням всіх зупинок і стоянок до втраченого часу), технічну (відношення пройденого шляху, без обліку зупинок і стоянок до втраченого часу), максимальну (найбільша миттєва швидкість, яка досягається транспортними засобом за нормальних умов), крейсерську (швидкість, з якою водії прагнуть їхати в даних умовах, за якої вони почувають себе комфортно), дозволену (дозволена нормативними або технічними засобами регулювання на даній ділянці вулично-дорожньої мережі), рекомендовану (швидкість, з якою організатори руху рекомендують рухатися водієві на

даній ділянці за даних умов), економічну (за якої спостерігається мінімум економічних витрат, витрат палива, зносу шин тощо), безпечну (за якої водій у стані розпочати необхідні дії для запобігання виникненню аварійної ситуації або ДТП), оптимальну (за якої досягається деяка мета з найменшими витратами) [6,9].

Швидкість транспортного засобу є відношенням величини його переміщення до інтервалу часу, за який це переміщення пройшло [6,8]. На практиці найчастіше використовують два типи швидкостей транспортного потоку – середню миттєву швидкість (середнє значення ряду миттєвих швидкостей, виміряних на певній ділянці вулиці або дороги), виражену рівнянням (1) та швидкість здійснення поїздки (чисельно рівна довжині визначеного відрізка часу, розділеного на середню тривалість декількох поїздок на цьому відрізку), описану рівнянням (2) [1,6,9].

$$\bar{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (1)$$

де V_i – миттєва швидкість i -го транспортного засобу, км./год.;

n – кількість транспортних засобів, обраних у якості об'єктів для вимірювання швидкості.

$$\bar{V}_s = \frac{S \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_i}, \quad (2)$$

де S – пройдена відстань, км.;

n – кількість поїздок, обраних для визначеного часу;

t_i – тривалість i -тої поїздки, год.

Як правило, для будь-якого елемента транспортного потоку середня миттєва швидкість завжди перевищує середню швидкість поїздки. Виключенням є випадки, коли всі транспортні засоби потоку їдуть з однаковою швидкістю. Це явище притаманне щільним транспортним потокам, інтервали між транспортними засобами у яких є меншими 3 с. і може бути спричинене такими чинниками: рух відбувається у пікові періоди, коли спостерігається значний ріст інтенсивності руху; наявність ділянок вулиць та доріг з малими радіусами кривих у плані та профілі; структуруванням транспортного потоку перед перехрестями; наявність зон обмеження швидкості та заспокоєння руху. Транспортні потоки з великою щільністю руху описуються диференціальним рівнянням теорії «руху за лідером» такого вигляду [8]:

$$\frac{dV_k}{dt} = \frac{1}{t_p} (V_{k+1} - V_k), \quad (3)$$

де $\frac{dV_k}{dt}$ – прискорення заднього транспортного засобу, м./с².;

V_k та V_{k+1} – швидкості відповідно заднього та переднього транспортних засобів, м./с.;

t_p – тривалість реакції водія.

Якщо умови руху потоку транспортних засобів є вільними (часові інтервали у ньому 8с. і більше), то під час дослідження миттєвих швидкостей спостерігається великий розкид їх значень. Це пов'язано з тим, що різним за типом транспортним засобам притаманні різні динамічні показники. Іноді у малих за щільністю транспортних потоках спостерігається утворення груп автомобілів, які утворюються тими з них, які мають однакові динамічні характеристики.

Показник швидкості руху тісно пов'язаний з показниками його безпеки. Слід зазначити, що рівномірність швидкості, як кожного окремого транспортного засобу, так і транспортного потоку в цілому зменшує внутрішні перешкоди в ньому і є важливою умовою безпеки руху. Ймовірність виникнення дорожньо-транспортних подій (ДТП) підвищується із збільшенням різниці швидкостей окремого автомобіля і швидкості транспортного потоку, тому зменшення цієї різниці, тобто вирівнювання швидкісних режимів, є одним із пріоритетних напрямків в організації і

забезпечені безпеки руху. Такі вирівнювання швидкісних режимів можуть здійснюватись шляхом обмеження і верхньої межі швидкості, і встановлення мінімально допустимого її значення. За будь-яких умов введення таких обмежень має бути обґрунтованим, що сприятиме підвищенню рівня дисципліни водіїв.

Різке збільшення небезпеки ДТП, спричинене різкою зміною середніх швидкостей руху спостерігається у місцях де: різка зміна дорожніх умов та за випадків, коли ці умови дозволяють значно збільшити швидкість, яка перевищує безпечну; дорожні умови спричиняють значні пониження швидкості руху транспортних засобів із малим запасом потужності; існують злиття або пересічення транспортних потоків – перехрестя, примикання, з'їзди, перехідно-швидкісні смуги тощо; на проїзній частині несподівано pojawiaються інші учасники дорожнього руху [3–5,10].

Швидкість руху є важливим індикатором, який сигналізує про зміну взаємозалежностей основних показників транспортного потоку між собою, дорожньо-кліматичних умов, виникнення аварійних ситуацій тощо.

У системі показників дорожнього руху швидкість є одним з первинних і в межах рівняння (4) є основою для побудови основної діаграми транспортного потоку, яка показує систему зв'язку між собою параметрів швидкості (V), інтенсивності (N) та щільності (q) [5–7,9].

$$N = q \cdot V \quad (4)$$

Використання теоретичних розподілів швидкостей руху у транспортному потоці дає значні переваги для дослідження процесів, які відбуваються у ньому. Використовуючи для теоретичного розподілу закон Гаусса, можна отримати кілька характеристик: максимальну ординату («мода»), значення середньої швидкості руху транспортного потоку (\bar{V}), яка відповідає максимальній ординаті, та середнє квадратичне відхилення (σ) [6,9]. Розподіл, який має одну максимальну ординату називається одномодальним, а дві – двомодальним. Одномодальні розподіли спостерігаються, коли більшість швидкостей у транспортному потоці прагнуть стабілізуватися навколо одного середнього значення (однорідні за складом транспортні потоки, а також ті, які рухаються у зонах обмеження швидкості; щільні транспортні потоки), двомодальні ж розподіли спостерігаються, коли значення миттєвих швидкостей транспортних засобів у потоках зосереджені навколо двох максимальних ординат (вільні умови руху на розглянутій ділянці).

Невирішені раніше частини загальної проблеми

У теорії та практиці організації дорожнього руху надзвичайно багато уваги приділено питанням дослідження швидкості та швидкісним режимам руху, оскільки цей показник визначає продуктивність роботи рухомого складу та є одним із визначальних чинників оцінки безпеки руху. Особливо важливою є миттєва швидкість транспортних засобів, на яку впливають планувальні особливості вулично-дорожньої мережі, склад транспортного потоку тощо. Оскільки в реальних умовах однорідність транспортного потоку практично не досягається та й досягти однакової величини швидкості досить важко навіть для однакових за типом транспортних засобів, відповідно, виникає і складність в розробленні таких схем організації руху та засобів її регулювання, які б задовольняли абсолютну більшість учасників руху. Проте, наблизитись до розв'язання цієї проблеми можна завдяки постійному моніторингу швидкісних режимів і вивченню чинників, які значною мірою їх визначають.

Мета дослідження

Неперервні дослідження миттєвої швидкості руху на різних, з точки зору дорожнього планування, проїзних частинах, з різною інтенсивністю та складом руху дасть можливість встановити більш точні тенденції її зміни, удосконалити режими та засоби регулювання, що є головним завданням для міської магістральної вулично-дорожньої мережі і ділянок вулиць та доріг зі значними показниками аварійності.

Основні результати досліджень

У цій роботі для дослідження миттєвих швидкостей руху обрано 4 типи ділянок вулиць у місті Львові: I тип – вулиця з однібічним рухом без громадського транспорту; II тип – вулиця з однібічним рухом та наявністю у структурі потоку громадського транспорту; III тип – вулиця з двобічним рухом (1x1 смугу руху) та наявністю громадського транспорту; IV тип – вулиця з

двобічним рухом (2x2 смуги руху) та наявністю громадського транспорту. Вимірювалися випадкові транспортні засоби, незалежно від типу, що проходять з певною швидкістю експериментальну ділянку (базу вимірювань) довжиною 40 м протягом між пікового періоду робочих днів (понеділок, вівторок, середа, четвер) два тижні. За результатами вимірювань визначено відсоткове забезпечення швидкостей руху, зображене на рисунку 1.

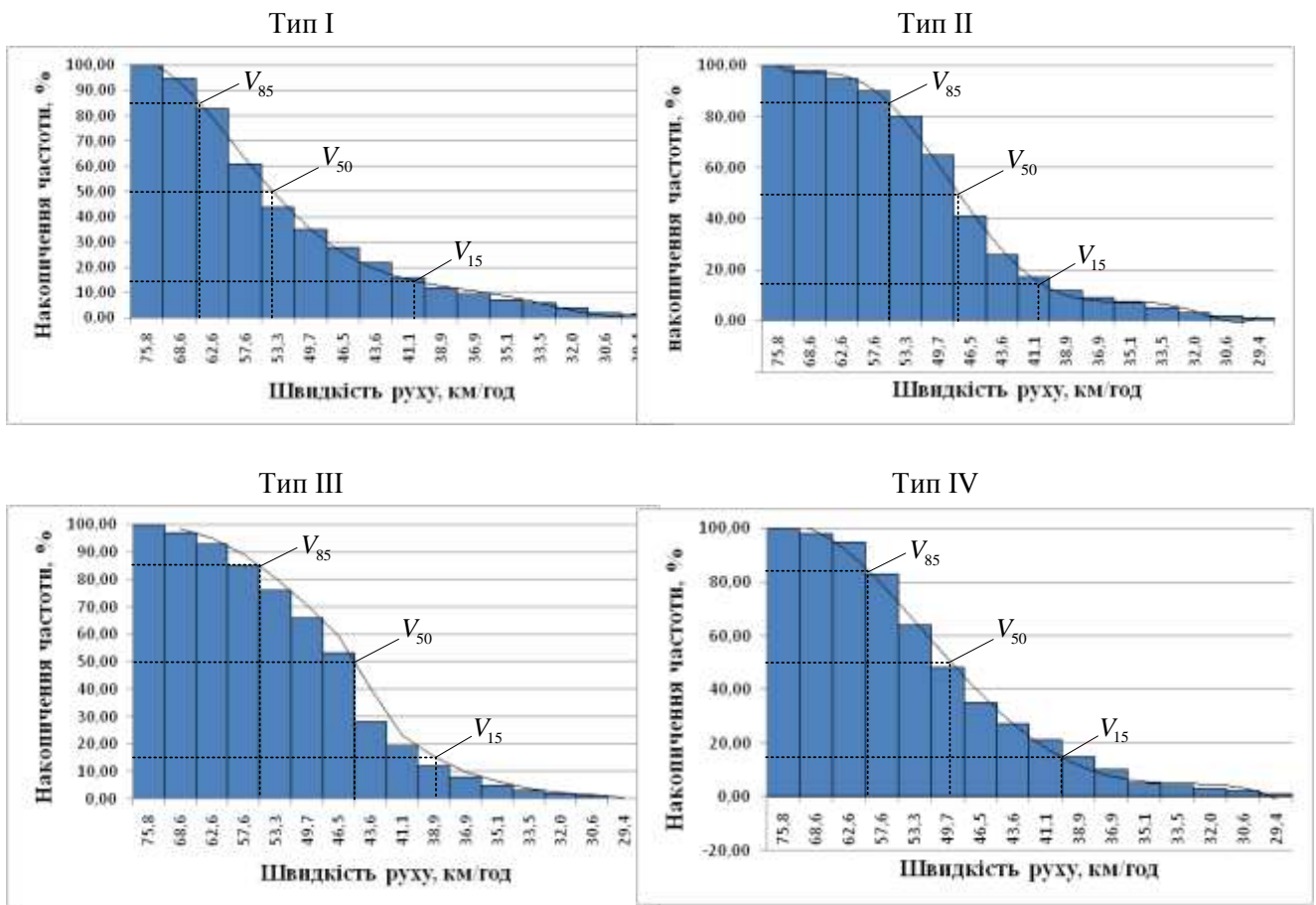


Рис.1. Кумулятивні розподіли миттєвих швидкостей руху

Швидкість, яка відповідає будь-якому відсотку на шкалі кумулянти (i -му відсотку), називається i -відсотковою швидкістю. До таких швидкостей, які застосовуються найчастіше, відносяться [1,6,9]:

- 85%-ва швидкість – іноді називається критичною. Водії, які перевищують цю швидкість, зазвичай розглядаються як такі, що порушують безпечний режим руху для заданих умов. За результатами проведених досліджень миттєві швидкості для ділянки типу I – 61,4 км./год.; типу II – 53,2 км./год.; типу III – 53,1 км./год.; типу IV – 56,4 км/год.

- 50%-ва швидкість – називається медіанною. Однією із характеристик розподілу швидкостей є медіанна або серединна швидкість. Медіанною називається швидкість, з перевищенням якої рухається стільки ж транспортних засобів, скільки і з меншими швидкостями (для ділянки типу I – 52,3 км./год.; типу II – 46,1 км./год.; типу III – 43,6 км./год.; типу IV – 47,6 км/год.);

- 15%-ва швидкість – найбільш важлива за необхідності звернути увагу на нижню межу швидкостей. Транспортні засоби, які рухаються з меншими швидкостями, є перешкодами для руху основного транспортного потоку і збільшують ймовірність виникнення ДТП;

- 7%-ва та 93%-ва швидкості використовуються під час визначення асиметрії розподілу або її відсутності.

Індекс асиметрії розраховують за кумулятивними відсотковими значеннями за таким рівнянням [1]

$$I_{as} = \frac{2(P_{93} - P_{50})}{P_{93} - P_7}, \quad (5)$$

де P_i – i -відсоткова швидкість.

Індекс асиметрії, рівний одиниці, вказує на симетрію відносно медіани. Якщо його значення менше за 1,0, то це означає, що крива розподілу відхиляється в сторону менших швидкостей, а більше за 1,0 – в сторону високих швидкостей. На дорогах з незаторовими режимами руху розподіл швидкостей має незначну асиметрію, але час поїздки зміщений в сторону великих значень, тобто відхилення в сторону низьких швидкостей. На завантажених дорогах (вулицях) розподіли швидкостей відхилені в сторону високих швидкостей.

У розглянутих дослідженнях індекс асиметрії рівний для ділянки типу I – 0,91; типу II – 1,14; типу III – 1,44; типу IV – 1,1.

Висновки

З отриманих результатів досліджень можна зробити висновки, що поява у потоці громадського транспорту впливає на зміну величини миттєвої швидкості руху інших його учасників і особливо цей вплив відчутний на односмугових проїзних частинах. Хоча під час дослідження спостерігалися відносно вільні умови руху, індекс асиметрії вказує на зміщення відносно медіани в сторону високих швидкостей, що, у свою чергу, вказує на зростання рівня завантаження проїзної частини певного типу. Особливо це зміщення відчутне для III типу вулиць (1x1 смугу руху). Продовження досліджень за цією методикою дасть можливість удосконалити вибір межі рекомендованих швидкостей руху для різних ділянок вулично-дорожньої мережі, удосконалити розрахунок координації на світлофорних об'єктах, здійснювати аналіз показників аварійності та безпеки у транспортних потоках.

1. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
2. Васильєва Г. Ю. Методи мінімізації затримок транспорту на магістральній вулично-дорожній мережі міст України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.20 «Містобудування та територіальне планування» / Г. Ю. Васильєва. – К., 2007. – 21 с.
3. Врубель Ю. А. Потери в дорожньому русі / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.
4. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения : [ученик для вузов] / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М. : Изд-ий центр «Академия», 2005. – 279 с.
5. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
6. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку : методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К. : Знання України, 2008. – 175 с.
7. Санько Я. В. Дослідження впливу довжини ділянки вулично-дорожньої мережі на характеристики транспортних потоків / Я. В. Санько, Ю. Я. Ройко // Наукові нотатки. – 2012. – Вип. 37. – С. 289 – 293.
8. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.
9. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).
10. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов / М. С. Фишельсон. – М. : Высшая школа, 1985. – 239 с.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014