

Таблиця 1 – Порівняння характеристик ТП в районі Лонгб'єн при існуючих і раціональних світлофорних циклах

Показник	Середнє значення при світлофорних циклах		Відносне відхилення, ± %
	існуючих	раціональних	
Швидкість руху, км/год	36,5	36,7	+0,55 %
Шум прискорення, м/с ²	0,017	0,016	-5,88 %
Об'єм викидів NO _x , кг	267,9	266,6	-0,49 %
Об'єм викидів CO, кг	1200,5	1193,7	-0,57 %
Об'єм викидів HC, кг	147,4	146,6	-0,54 %
Об'єм викидів SO _x , кг	45706,8	45451,7	-0,56 %
Сумарні викиди шкідливих речовин, кг	47322,6	47058,6	-0,56 %

Як видно, застосування раціональних світлофорних циклів дозволяє збільшити середню швидкість руху транспорту між об'єктами тяжіння в районі Лонгб'єн, підвищити рівномірність руху за рахунок зменшення шуму прискорення транспортних засобів і знизити об'єми усіх видів викидів шкідливих речовин в атмосферу з вихлопними газами автомобілів.

Перелік використаної літератури

1. Webster F.V., Traffic Signal Settings : Road Research Technical Paper No. 39. London: Department of Scientific and Industrial Research, 1958. 45 p.

УДК 656.11, 656.13

ШВИДКІСТЬ ПОТОКУ ТРАНСПОРТУ З ОДНИМ ПОВІЛЬНИМ АВТОМОБІЛЕМ У ЩІЛЬНИХ УМОВАХ РУХУ БЕЗ ОБГОНІВ ТА ВИПЕРЕДЖЕНЬ

Горбачов П.Ф., д.т.н., професор, професор кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: gorbachov.pf@gmail.com,

Свічинський С.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: stas_svichinsky@ukr.net

Макарічев О.В., д.ф.-м.н., доцент, професор кафедри транспортних систем і технічного сервісу, Херсонський національний технічний університет, e-mail: amsol2904@gmail.com

Рух автомобілів по міських вулично-дорожніх мережах (ВДМ) став предметом уваги вчених по всьому світу досить давно. Вирішення задач, які стоять перед дослідниками у цій галузі, має спиратися на надійні методи прогнозування транспортних потоків (ТП), від якості котрого залежить ефективність рішень, побудованих на результатах прогнозу. Таким чином, удосконалення існуючих і розробка нових методів прогнозування характеристик ТП у теперішній час залишаються актуальними завданнями. Особливе місце серед цих характеристик займає швидкість, яка згідно з американським широко застосовуваним керівництвом по визначенню пропускнуої здатності автомобільних доріг – Highway Capacity Manual (HCM) – є основним показником, який використовується для оцінки рівня обслуговування користувачів індивідуального транспорту [1]. Питання визначення швидкості ТП в різних умовах руху на цей час залишається не до кінця вирішеним, а тому доцільним є продовження досліджень у цьому напрямку.

У літературі, присвяченій опису взаємозв'язку швидкості автомобілів з умовами їх руху, можна виділити два принципово різних підходи:

– перший реалізується у вигляді фундаментальної діаграми ТП [2], у якій взаємозв'язок між швидкістю та щільністю потоку представляється певною детермінованою залежністю. На цей час розроблена велика кількість таких залежностей (моделей), і загальним у них є те, що існування стійкого зв'язку між характеристиками ТП не ставиться під сумнів;

– згідно з другим, більш перспективним підходом, швидкість руху розглядається як випадкова величина [3]. Більшість досліджень у рамках цього підходу відносяться до вільного ТП, для якого підтвердженою можна вважати гіпотезу про нормальний закон розподілу швидкості автомобілів [4]. При ускладненні умов руху мода розподілу зміщується вліво, що приводить до більшої відповідності коливань швидкості законам розподілу з правою асиметрією, а саме логнормальному, гама, Вейбула та подібних [5].

Станом на зараз всі спроби встановлення законів розподілу швидкості руху у складних (щільних) умовах не змогли прояснити причин їх виникнення і розкрити сутність процесів руху ТП у різних умовах, так як побудовані виключно на обробці статистичного матеріалу. Для подолання цього недоліку варто дослідити такі ситуації руху ТП, у яких спостерігається зрозумілий взаємний вплив автомобілів у потоці один на одного. Це дозволить формалізувати процес руху та застосувати до визначення швидкості ТП апарат аналітичного моделювання.

Знання закономірності розподілу швидкостей транспортних засобів (ТЗ) у вільних умовах руху створює потенціал для поглиблення знань у сфері прогнозування ТП, оскільки описує один із двох його крайніх станів – повної свободи, коли вибір швидкості руху кожним його учасником не залежить від поведінки інших учасників. Тому наступний крок у напрямку дослідження швидкості ТП доцільно зробити, поставивши за мету розгляд потоку у протилежному крайньому стані – коли вплив його учасників один на одного при виборі швидкості руху є максимальним. При цьому максимальний вплив один на одного автомобілі будуть чинити тоді, коли вони рухатимуться по ділянці дороги на мінімальній дистанції. Ще однією умовою, при якій буде спостерігатися максимальний взаємний вплив автомобілів, є неможливість здійснення ними маневрів обгону або випередження. Такі здавалось би неординарні умови насправді регулярно виникають, коли автомобілі, залишаючи регульовані перехрестя, в'їжджають на односмугові ділянки, що досить часто трапляється у міських ВДМ протягом високозавантажених періодів доби [6].

Подібні умови можуть виникати не лише на міських регульованих перехрестях, а також в інших місцях автодоріг. Прикладами можуть служити:

– тимчасове або постійне звуження проїжджої частини до однієї смуги руху на багатосмуговій дорозі з ТП, інтенсивність якого перевищує пропускну спроможність смуги;
– обмеження руху на автомобільних дорогах з аналогічними наслідками тощо.

Ключовими ознаками виникнення розглянутих ситуацій є створення за різними причинами у деякому місці на дорозі щільної пачки автомобілів, які в деякий момент часу рухаються на мінімальній дистанції, і після цього моменту подальший рух пачки здійснюється по вільній смузі, на якій, однак, неможливі обгони або випередження.

У цьому процесі вплив автомобілів один на одного полягає у тому, що потенційно більш швидкі автомобілі вимушені рухатися зі швидкістю прямоючого перед ним автомобіля. Вплив повільних автомобілів на середню швидкість ТП у досліджуваних умовах буде тим більше, чим ближче до початку пачки розташовуються повільні автомобілі, оскільки це збільшує кількість автомобілів, які вимушені рухатися зі швидкістю, меншою за бажану. Тому для постановки задачі важливим є задання порядку розташування автомобілів у пачці. З огляду на те, що процес її формування як на міських регульованих перехрестях, так і в інших аналогічних місцях за умови відсутності цілеспрямованого впливу на нього є апіорі випадковим, то природним тут є припущення про рівну ймовірність для кожного автомобіля опинитися на будь-якому місці у пачці.

Ще однією умовою для коректної постановки задачі є достатня для розгону автомобілів до бажаної швидкості довжина односмугової ділянки з вільними, за виключенням обгонів і випереджень, умовами руху на ній.

Першим кроком на шляху отримання загальної залежності для розрахунку середньої швидкості щільного ТП на односмуговій ділянці без можливості обігнати або випередити повільні автомобілі, має стати аналіз найпростішої гіпотетичної ситуації, при якій розглядається пачка автомобілів, що складається з автомобілів, які бажають їхати з однаковою найбільшою можливою для них швидкістю, за виключенням одного – повільного автомобіля, рисунок 1.

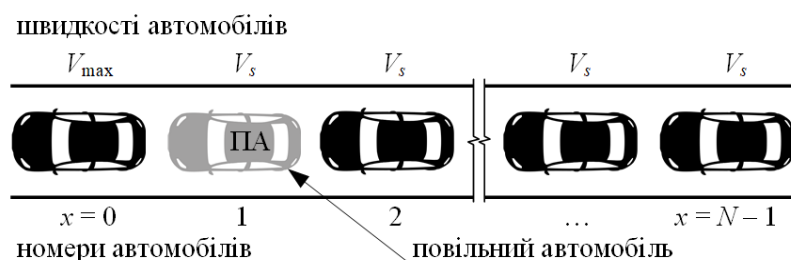


Рисунок 1 – Транспортний потік з одним повільним автомобілем у пачці

З урахуванням викладеного вище, а також висунутих припущень, формальна постановка задачі виглядає наступним чином:

- нехай N автомобілів у випадковому порядку щільним потоком в'їжджають на смугу руху, на якій неможливі маневри обгону та випередження;
- нехай номер першого у потоці автомобіля дорівнює 0. Тоді кожен автомобіль з ймовірністю $1/N$ може мати номер $[0; N-1]$;
- нехай усі водії, крім одного, бажають їхати з максимально дозволеною швидкістю V_{\max} , а водій того самого одного – повільного автомобіля (ПА) – їде зі швидкістю V_s , $0 < V_s < V_{\max}$.

Необхідно визначити якою буде середня швидкість автомобілів \bar{V} на виїзді з розглянутої смуги руху.

Оскільки обгони на ній неможливі, а дистанція між автомобілями на початку ділянки мінімальна і не може бути скорочена за рахунок різниці у швидкості двох послідовних автомобілів, то швидкість автомобілів із потоку, які їдуть за ПА, дорівнюватиме його швидкості V_s , а автомобілів перед ним – швидкості V_{\max} . Внаслідок цього середня швидкість такого потоку визначається тим, на якому місці в потоці опиниться ПА. Математичні перетворення дозволили вивести наступний остаточний вираз для шуканої середньої швидкості:

$$\bar{V} = V_s + \frac{N-1}{2N} \Delta_s, \quad \Delta_s = V_{\max} - V_s, \quad \Delta_s > 0. \quad (1)$$

Отримана формула для розрахунку швидкості автомобілів на виїзді з односмугової ділянки дороги, коли у потоці є один ПА, а всі інші автомобілі бажають їхати з однаковою найбільшою можливою для них швидкістю, відображає її середнє значення при нескінченій кількості випробувань.

Оскільки практичний інтерес представляють собою випадки з відносно невеликою кількістю N , експериментальна перевірка цієї залежності виглядає цілком можливою. Перешкодою тут є те, що у реальності буде вкрай складно знайти пачку автомобілів зі швидкостями, принципово представленими за допомогою рисунку 1. Через це

результативнішим тут виглядає імітаційний експеримент, хоча і він вимагатиме специфічних налаштувань.

Формула (5) показує, що навіть один ПА може значно знижувати середню швидкість пачки, та свідчить про доцільність розвитку представленого дослідження. Перспективним напрямом для цього є його розширення за рахунок розгляду ситуацій з більшою кількістю ПА у пачці. Виведення для них формул, аналогічних формулі (1), надасть можливість отримання загальної залежності з індивідуальними значеннями бажаної швидкості для всіх учасників руху, що початково відповідає відомому для вільних умов нормальному закону розподілу.

Перелік використаної літератури

1. Highway Capacity Manual 6th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. Volume 1: Concepts / National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press, 2016. 330 p.

2. Daganzo C.F. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1994. Vol. 28, Issue 4. P. 269–287. DOI: [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(94\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0191-2615(94)90002-7).

3. Ву Дик Мінь. Підвищення ефективності організації дорожнього руху в транспортних районах міста : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії: 275 Транспортні технології (за видами) / Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. Харків, 2021. 205 с.

4. Khan, J.A., Tarry, S.R. Speed spot study by comparing time mean speed and space mean speed: A case study. *International Journal of Advanced Science and Research*. 2018, 3(1), p. 97–102. Available from: <https://www.allsciencejournal.com/assets/archives/2018/vol3issue1/3-1-59-588.pdf>.

5. Sarkar D.R., Kumar P. An investigation of traffic speed distributions for uninterrupted flow at blackspot locations in a mixed traffic environment. *IATSS Research*. 2024. Vol. 48, Issue 2. P. 180–188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.03.004>.

6. Шевченко В.В. Визначення раціональних параметрів координованого управління дорожнім рухом на міських магістралях : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії: 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті) / Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. Харків, 2023. 224 с.

УДК 656.13

ВПЛИВ ДОРОЖНЬОГО ЗАТОРУ НА РІВЕНЬ СТОМЛЕННЯ ВОДІЯ-ХОЛЕРИКА

Гюлев Н.У., д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, e-mail: ngulev2@gmail.com,

Коркішко В.А., студент магістратури, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

Висока щільність транспортних потоків на вулицях міст, спричинена зростанням рівня автомобілізації, призводить до утворення численних черг на перехрестях та ділянках доріг та до появи заторних ситуацій.

Дорожні затори призводять до обмеження свободи діяльності водія, негативно впливають на його психофізіологію, погіршують функціональний стан. Зміна функціонального стану, що характеризує ефективну сферу діяльності водія, впливає на ступінь його втоми і, як наслідок, на безпеку дорожнього руху [1].

Також затори негативно впливають на екологічну обстановку міста через викид у атмосферу токсичних речовин, які у відпрацьованих газах транспортних засобів. Ці