

ПОТЕНЦІАЛ ШЛЯХУ І ПОТУЖНІСТЬ В СИСТЕМІ «ШЛЯХ-ТРАФІК» НА МІСЬКИХ ВУЛИЦЯХ ТА ДОРОГАХ

В якості загального критерію, що визначає пропускну спроможність типів перетинів в різних рівнях магістральних вулиць та доріг доводиться нова характеристика, як то потужність трафіку з урахуванням коефіцієнту зменшення швидкості при зміні смуг рух.

Ключові слова: Трафік, дорожній потенціал, інтенсивність, швидкість, щільність, інерційність, кількість потоку, потужність, автомагістраль.

Актуальність теми. Магістральні дороги загального користування, як і магістральні вулиці загальноміського значення повинні забезпечувати швидкісний зв'язок між центрами тяготіння автотоків. Безперервний рух транспортного потоку (трафіку) на трасах автомобільних доріг та міських магістралях забезпечують сучасні типи перетинів в різних рівнях. Різні типи перетинів: конюшиний лист, кільцевий, петлеподібний, ромбоподібний [2], та зі зміною смуг руху (хрестоподібний) - апіорі мають і різну пропускну спроможність, яка дорівнює максимальному значенню інтенсивності в перетині N_m , тому що зменшується швидкість руху при зміні смуги.

Мета і задача дослідження полягає в застосуванні відкритих та обґрунтованих нових характеристик динаміки транспортних потоків (трафіку), таких як потенціали дороги, транспортного потоку і потужності трафіку в дослідженні [1] для визначення загальної працездатності шляху, тому що інтенсивність це характеристика тільки перетину, а швидкість – тільки простору магістралі. Як відомо, загальна характеристика потужності потокової системі є добуток параметру перетину на параметр простору

Методи досліджень . Побудована за проектом дорога або міська магістраль мають можливість забезпечувати рух трафіку до рівня пропускну спроможності, а далі – на рівні конгестії і до затору. Цю можливість праці дороги в [1]. визначено як дорожній потенціал, що змінюється від максимального значення на пустій дорозі, до нуля при заторі (трафік стоїть). Як відомо, стан руху трафіку в перерізі дороги визначається інтенсивністю (N), що

є похідною від кількості потоку по часу dq/dt , а, у просторі – швидкістю (V), як похідна від шляху по часу dl/dt .

У транспортному потоці інтенсивність, впливає на зміну швидкості автомобілів, але інтенсивність це характеристика перерізу, тому доцільно враховувати змінну інтенсивності за часом $N(dt)$, то б то кількість потоку (q) (авт). Це один автомобіль, або група: $q(t)=JV(t)$; $N=d(q)$ [2]. Сформовано закон що вказує: зміна інтенсивності трафіку за деякий відрізок години дорівнює зміні кількості потоку за той ж відрізок години. А це дозволяє по початковий швидкості автомобілів V_0 та визначений кількості потоку q знаходити кінцеву швидкість автомобілів у трафіку, обходячі усі додаткові визначення швидкості.

Інерційність трафіку , у свою чергу, характеризує розподіл витрат годин автомобілями по довжині смузі руху автомагістралі $J=q/V$ (авт.год/км), де J визначено як інерційність зміни швидкості в трафіку. Ці висновки дозволяють підвищувати швидкість трафіку, розподіляючи його на групи, швидкість яких значно більше швидкості трафіку в стані конгестії, (в тягнучках).

Слідє зауважити, що інтенсивність на перетині на рівні пропускної спроможності в 1500 автомобілів за годину по однієї смузі визначається розподілом трафіку на довжині у 30 км. На цій довжині дорозі рух трафіку апіорі не може бути постійним. Буде змінюватися на сам перед швидкість автомобілів.

Враховуючи рекомендації в [3] та дуальність автомобіля, як одиниці трафіку та одиниці швидкості, знайдемо зв'язок між зміною швидкості автомобілів в потоці dV/dt , допускаючи, що питома інтенсивність діє уздовж вісі дороги. Рівняння руху автомобілів в трафіку має вигляд

$$J \frac{dV}{dt} = N \quad , \quad (1)$$

де J інерційність зміни швидкості (авт.год/км)

Помножив обидві частини цього рівняння на V отримаємо

$$d/dt (JV^2/2)=NV \quad (2)$$

де, твір $NV=M$ є потужність трафіку (авт.км/ч²) [1],

$$JV^2/2 - \text{дорожній потенціал (авт.км/ч)}. JV^2/2 = E_d.$$

Потенціал дороги залишається постійним лише за відсутності інтенсивності, тому що при $N=0$. у будь-якому перетині немає автомобілів, а шлях є

$$\frac{JV_{x_2}^2}{2} = \frac{JV_{x_1}^2}{2} = const, \quad (3)$$

або кількість потоку в групі не змінюється $q=const$.

Це закон збереження працездатності дороги, магістралі, або дорожнього потенціалу.

Результати дослідження

Розглянемо тепер, що є потужністю транспортного потоку M , яка характеризує швидкість зміни працездатності системи «шлях - трафік», що вчинено автомобілями потоку

$$M = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta H}{\Delta t} = \frac{dH}{dt}$$

Використовуючи основне рівняння транспортного потоку ($N=QV$), де Q визначає щільність трафіку, як супротив руху, при її максимальному значенні трафік автомобілів стоїть. Знайдемо залежність потужності потоку від швидкості, де dx — нескінченне мале переміщення автомобіля потоку, на який впливає інтенсивність, за елемент часу Δt .

Тому потужність транспортного потоку має вигляд

$$M = dH/dt = (Nd/dt) = (NV),$$

де V — швидкість автомобіля транспортного потоку. Це миттєве значення потужності.

Використовуючи основне рівняння транспортного потоку, одержимо залежність потужності потоку від швидкості

$$M = Q_m(1 - V/V_0)V^2 \quad (4)$$

графічно представленою на мал. 1.

Як бачимо з графіка, потужність, як і всі основні характеристики транспортного потоку, має ділянку зростання, оптимальну зону при швидкості в 60-70 км/год і ділянку різкого зниження.

Зміну потужності M під впливом щільності $M(Q)$ отримаємо, використовуючи рівняння $N = QV$ і тоді

$$M = N^2/Q = QV_0^2(1 - Q/Q_m) \quad (5)$$

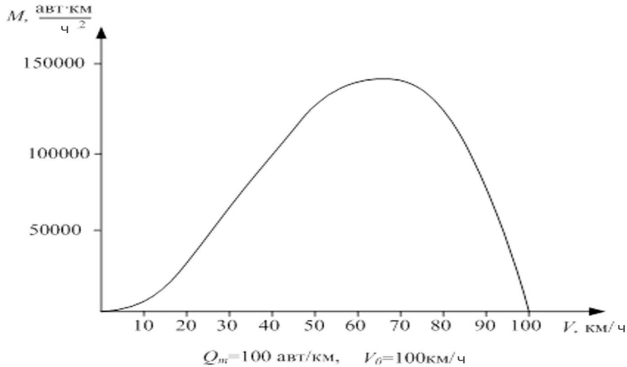


Рис. 1. Залежність потужності трафіку від його швидкості [3]

Графік даної залежності надано на мал. 2, звідки видно, що оптимальні значення щільності при максимальному значенню потужності трафіку M_m знаходяться в межах 30-40 авт/км. То б то, автомобілі рухаються на відстані (дистанції) в 20-25 метрів один від одного. На графіку указані і зарубіжні дані, що відповідають поняттю і одиницям виміру потужності.

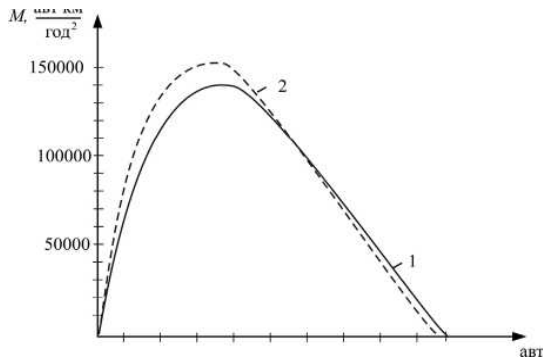


Рис.2. Залежність потужності M від щільності Q [3].

Отримати і проаналізувати залежності потужності від інтенсивності скрутно, оскільки необхідно знати закон вступу автомобілів на ділянку дороги. Тому скористаємося графічними даними теоретичних і експериментальних кривих і рівнянням миттєвої потужності (5), в які підставлятимемо координати кривих N та V . На мал.3 наведена шукана залежність $M(N)$. Графік оригінальний і досить цікавий. Крива 1, побудована по рівнянню (5), близька за формою «Декартового листу». Експериментальні криві 3_a і 3_b досить близькі до теоретичної кривої, чим підтверджують правильність теоретичних викладів [3].

При цьому крива 2 отримана по натурних спостереженнях в умовах зростання швидкості та інтенсивності потоку легкових автомобілів до рівня пропускної здатності, а криві 3_а і 3_б — на багатосмугових дорогах в умовах зменшення швидкості із зростанням інтенсивності в умовах руху на перетині петлеподібного типу, тобто за рівнем пропускної спроможності, що і бачимо на мал. 3.

Обговорення результатів. Характер зміни потужності від складу транспортного потоку, який визначається розміром максимальної щільності і умовами руху, що забезпечують швидкість вільного руху V_0 , наведено на рис.4. На графіку бачимо, що швидкість вільного руху є тангенсом кута нахилу осі симетрії графіка, а максимальна щільність характеризує рівень пропускної спроможності смуги руху. Вісь симетрії розділяє умови руху до рівня пропускної спроможності і після досягнення цього рівня.

Поняття «потужність» є природним і узагальнюючим продовженням понять «кількість руху» (авт.км), дорожнього і транспортного потенціалів та ексергії (авт.км/год), як характеристика їх зміни в часі (авт.км/год²), тобто це узагальнена змінна системи «шлях - трафік», що характеризує зміни станів руху на вулицях і дорогах

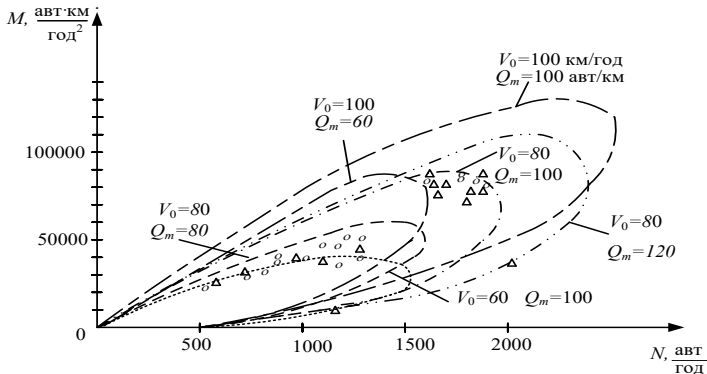


Рис. 3. Характер зміни потужності M від складу потоку (Q_m) і швидкості вільного руху V_0

Близька збіжність теоретичної кривої з результатами натурних спостережень дозволяє рекомендувати рівняння потужності трафіку для практичного використання не лише при оцінці завантаженості і стану умов руху на різних ділянках перетинів в різних рівнях вулиць і доріг, але і при прогнозах розрахунках в розробках проектів як критерій завантаженості взагалі шляхів.

Оскільки дорожній потенціал є характеристикою безпечних умов руху, то його оптимальне значення доцільно, як і значення потужності, включити в нормовані величини пропускної спроможності міських магістралей.

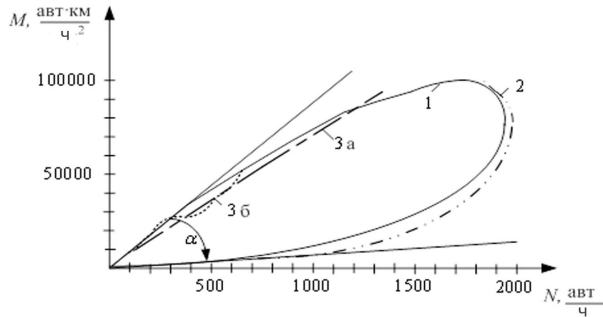


Рис. 4. Залежність потужності M від інтенсивності N [3].

Для врахування затримок трафіку в межах змін смуг руху на підходах до перетину в різних рівнях пропонуємо використовувати відповідний коефіцієнт затримок α , що наведено в [4], в одно час з коефіцієнтами зміни пропускної спроможності різних смуг руху.

$$V = NV\alpha = NV \{V_2 Q_m (Q_m - Q_1) / V_1 [(Q_m - Q_1)^2 + Q_1 Q_m]\}, \quad (6)$$

де вказані швидкість і щільність на сусідніх смугах руху (1і2) і максимальна щільність при заторі

Список використаних джерел

1. Валерий Гук Теория измерителей транспортного потока (параметры трафика)/В.И.Гук//монография .Palmarium. academic publishing. 2017. - 162 p
2. Черепанов В.А. Транспорт в планировке городов. - М .; «Стройиздат».1970.
3. Гук В.И. Элементы теории транспортных потоков и проектирования улиц и дорог: [учебн. пособие для вузов] / Гук В.И. – К.: УМК ВО, 1991. - 255с.
4. Гук В.І. Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці: монографія / Гук В.І., Шкодовський Ю.М. - Харків: «Золоті сторінки», 2009. - 232с.
5. Дубровин Е.Н., Ланцберг Ю.С., Лялин И.М. Пересечения в разных уровнях на городских магистралях /Е.Н.Дубровин и др.// Учебн. пособие для вузов. - М .; «Высш. школа», 1977. - 429 с.
6. Гофман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог (Проектирование) /А.В.Гофман и др.//Учебн. пособие для

вузов. – М.: «Высш. школа», 1977. - 309 с.

7. <http://transsport.ru/> «Выбор принципиальной схемы транспортной развязки».

8. <http://transsport.ru/> «Новая развязка: Ромбовидное пересечение с изменением сторонности».

9. Вулиці та дороги населених пунктів. ДБН В.2.3-5-2018. Видання офіційне. - К.: Мінрегіон України, 2018. - 55 с.

10. Пропускна здатність транспортних розв'язок / А.Я. Хом'як, С.В. Татарченко // Вісник Національного транспортного університету. - 2011. - № 24(2). - С. 246-250.

Гук В.И.,

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПОТЕНЦИАЛ ДОРОГИ И МОЩНОСТЬ СИСТЕМЫ «ДОРОГА-ТРАФИК» НА ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ И ДОРОГАХ

В качестве общего критерия, что определяет пропускную способность типов пересечений в разных уровнях магистральных улиц и дорог приводится новая характеристика - это мощность траффика с учетом коэффициента уменьшения скорости при смене полос движение на подходе к пересечению.

Ключевые слова: Траффик, дорожный потенциал, интенсивность, скорость, плотность, инерционность, количество потока, мощность, автомагістраль.

Huk V.I.,

Kharkiv national university of building and architecture

ROADS' POTENTIAL CAPACITY AND POWER OF THE "ROAD- TRAFFIC" SYSTEM ON URBAN STREETS AND ROADS

As a general criterion that determines the throughput of intersection types in different levels of main thoroughfare and roads, a new characteristic is given, such as traffic capacity, taking into account the speed reduction factor in the process of the lanes' change.

Key words Traffic, traffic potential, intensity, speed, density, inertia, flow rate, capacity, motorway