

УДК 711.11

канд. техн. наук, професор М.М. Осетрін, Д.О. Беспалов,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЗБІР, ОБРОБКА І ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЇ В ХОДІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ І ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ НА ПЕРЕТИНАХ МІСЬКИХ МАГІСТРАЛЕЙ В РІЗНИХ РІВНЯХ ТА НА ПІДХОДАХ ДО НИХ

У статті дається визначення параметрам, необхідним для оцінки режиму руху транспортного та пішохідного потоків на перетинах міських магістралей в різних рівнях та на підходах до них. Надаються рекомендації по їх збору і подальшої оцінки.

Найважливішим аспектом у ході будівництва або реконструкції будь-якого дорожньо-транспортного вузла є якісний збір вихідної інформації щодо характеристик руху транспортного та пішохідного потоків в його межах. Головним критерієм якості в цьому випадку виступає максимальна відповідність зібраних даних реальній картині поведінки транспортних та пішохідних потоків на вузлі.

Об'єктами для дослідження руху транспортних і пішохідних потоків нами були обрані найскладніші елементи – вузли на магістральній мережі міст – перетини міських магістралей у різних рівнях.

Для того, щоб одержати якісні показники руху транспортного та пішохідного потоків, необхідно правильно обрати той набір характеристик, що є найбільш важливим для подальшого дослідження особливостей руху транспорту й пішоходів на перетинах міських магістралей в різних рівнях. Тут потрібно визначити набір спрощуючих допущень. Хоча майбутня модель і повинна бути якомога реалістичнішою, але для цього не потрібно володіти усіма параметрами як транспортного потоку в цілому, так і окремого транспортного засобу. Так, наприклад, розгляд кольору автомобілів міг би підвищити реальність моделі руху транспортних потоків, однак він, мабуть, не впливає на функціонування дорожньої системи в такому ступені, щоб ця інформація могла додати що-небудь до рішення практичного завдання. Отже, аналіз транспортних потоків – це не тільки виконання вимірювань та накопичення фактичного матеріалу. Таке дослідження істинної природи і характеристик транспортного потоку являється необхідним початковим етапом: процес руху транспорту по магістралі настільки складний, що просте накопичення даних небагато додає до того, що вже відомо. Для пішохідного ж потоку не є

важливими фізичні чи соціальні параметри кожної окремої людини, як не є важливим і гендерний склад потоку.

Дональд Дрю у своїй книзі «Теорія транспортних потоків і управління ними» [1] висловлює припущення, що при моделюванні роботи розв'язки високого класу, де виключається взаємний вплив потоків автомобілів і вплив потоку автомобілів на пішоходів, можливо, досить промоделювати рух в одному напрямку. Це ствердження викликає деякі сумніви, тому що транспортний потік у межах перетину навіть найвищого класу формує свій унікальний режим руху. Наявність значних часток право- і лівоповоротних потоків, точок примикань і відгалужень, диктує певний набір додаткових характеристик, які потребують пильного розгляду.

Параметри, необхідні для моделювання транспортних потоків і оцінки режимів руху на перетинах магістралей, можна розділити на такі категорії:

- геометричні характеристики дороги;
- схема організації руху;
- параметри транспортного й пішохідного потоків;
- поведіння системи «автомобіль-водій».

Важливими геометричними характеристиками магістралей і перетинів є їх тип, конфігурація з'їздів, характеристики кривих, поздовжні ухили, число смуг руху, кут примикання й відгалуження з'їздів, наявність і довжина смуг розгону (гальмування), наявність «вузьких місць», забезпечення умов видимості, розташування засобів регулювання руху.

Схема організації руху може бути регульованою, нерегульованою та саморегульованою.

Основними параметрами транспортного потоку є швидкість, інтенсивність і щільність. Швидкість автомобіля впливає на умови виконання ним маневрів. Інтенсивність і щільність потоку визначають поздовжнє й поперечне розташування автомобілів у потоці. Ці 3 параметри й визначають режим руху на всіх елементах вулично-дорожньої мережі міст.

Основними параметрами пішохідного руху в межах перетинів магістралей у різних рівнях є наявність і кількість точок перетинання транспортного й пішохідного потоків, інтенсивність пішохідного руху, наявність точок тяжіння для пішоходів у межах або поблизу дорожньо-транспортного вузла, що розглядається.

Що стосується системи «автомобіль-водій», те всі її параметри пов'язані з можливостями, потребами й характеристиками водія й автомобіля. Найбільш повно набір цих параметрів розкривається в складній психофізичній поведінковій моделі Вайдеманна, яку ми згодом розглянемо в складі

програмного комплексу для імітаційного моделювання транспортних потоків – PTV Vision® VISSIM.

На складних вузлах і перегонах доцільно здійснювати збір інформації, щодо інтенсивності потоку автомобілів, а також таких показників, як щільність, швидкість, інтервали між транспортними засобами в потоці за допомогою відео зйомки. Як вже згадувалося вище, у теорії транспортних потоків основними характеристиками виступають такі показники, як швидкість, інтенсивність і щільність. За допомогою відеокамери й при наявності добре підбраного ракурсу можна з легкістю зняти ці 3 показники одноразово для наступної обробки.

Даний метод експериментально застосовувався 27.03.09 на вул. Чорновола в м. Києві на підході до розв'язки в різних рівнях між Повітрофлотським проспектом і проспектом Перемоги. Сумарно, було знято більше 100 хвилин відео. Весь перегін був розбитий на 8 ділянок по 25 метрів. Були визначені основні параметри транспортного потоку, які зведені в графіки.



Рис.1. Відеофіксація перетину вул. Чорновола та вул. Павлівської у м. Києві (27 березня 2009 р.). Загальний план перетину.

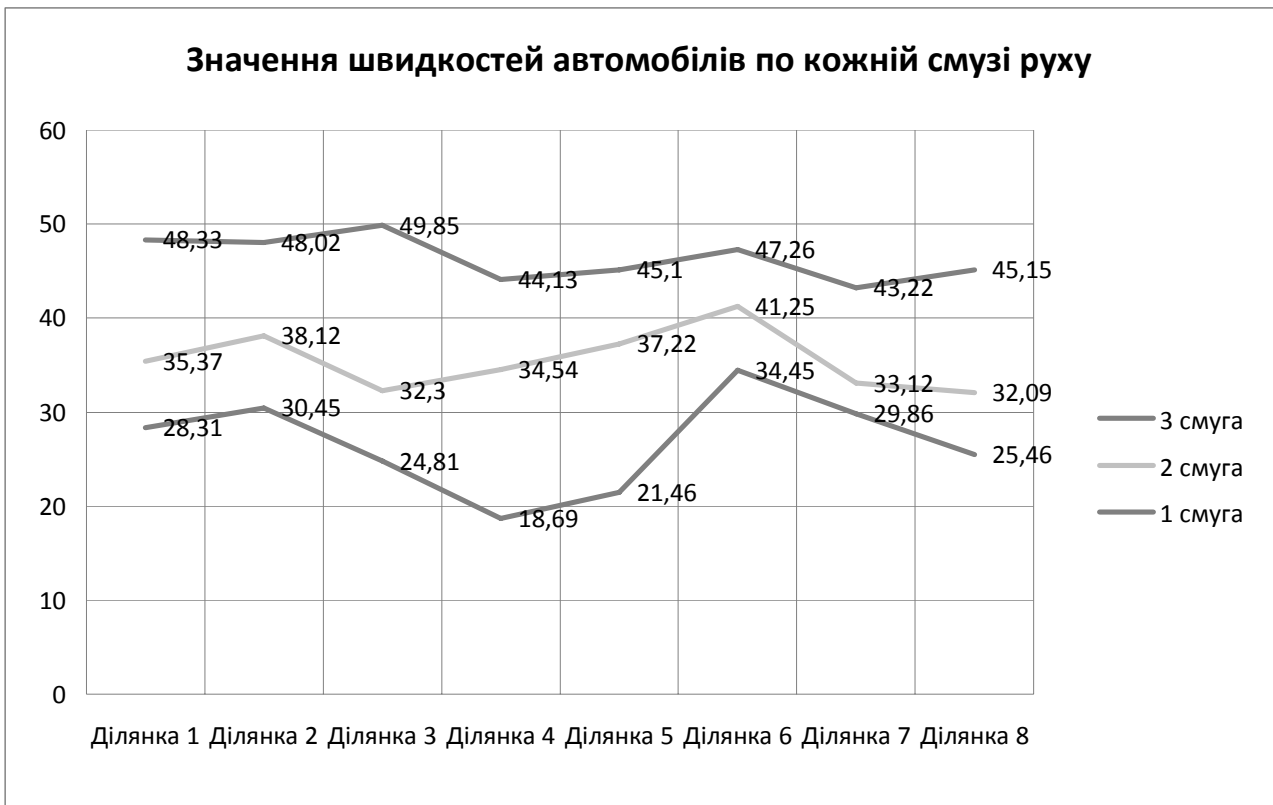
На рис.1 показаний один із кадрів, на якому зображено загальний план досліджуваного перетину. З його допомогою були встановлені такі показники як: *інтенсивність і склад транспортного потоку, долі поворотних потоків, їх*

щільність, цикл світлофорного регулювання, довжина черги автомобілів, розподіл автомобілів по смугам руху, інтенсивність руху пішоходів.



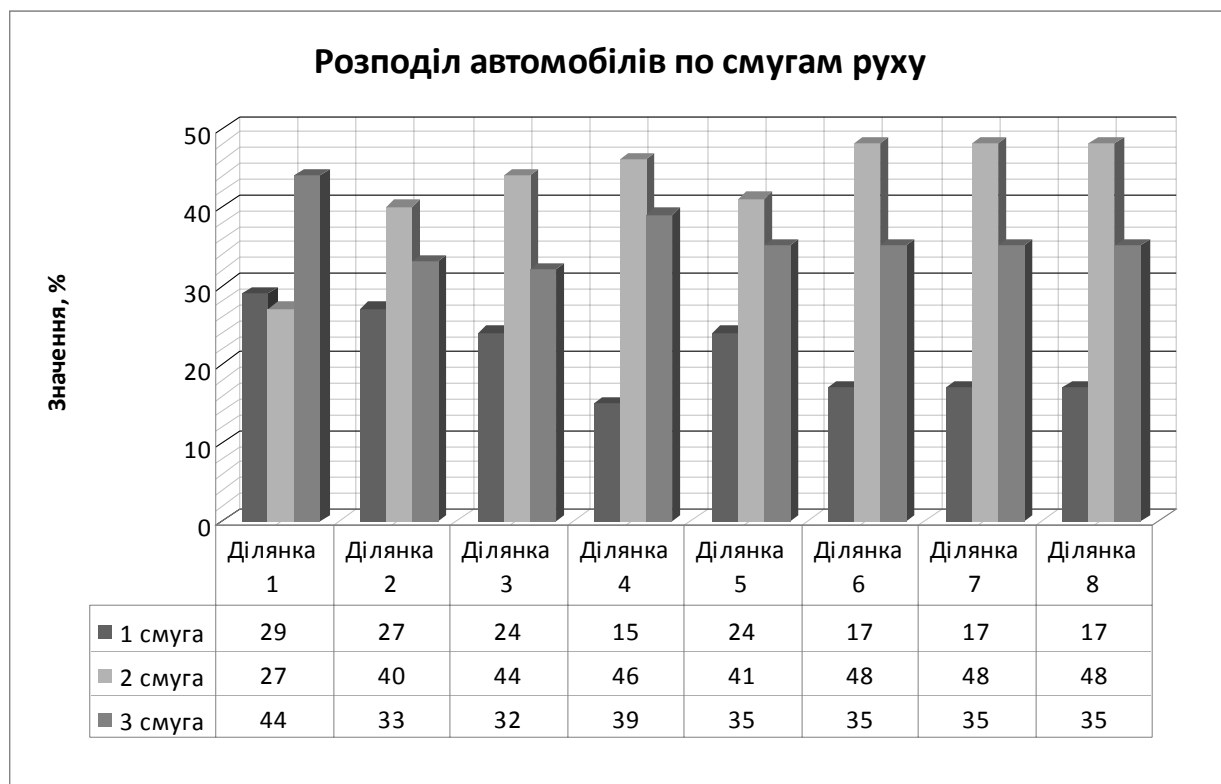
Рис.2. Відеофіксація вул. Чорновола (підхід до Повітрофлотського шляхопроводу у м. Києві (27 березня 2009 р.).

На рис.2 показаний один із кадрів відеоматеріалу, що був відзнятий на перегоні (підході до розв'язки в різних рівнях) для встановлення швидкості транспортного потоку. Камеру встановлено на штативі таким чином, що по краям кадру видно 2 освітлювальні опори. Відстань між ними була виміряна заздалегідь і становить 25 м. В подальшому запис, за допомогою програми VirtualDub було розбито на кадри. Кожен автомобіль, що проходив через досліджуваний переріз робив це за певну кількість кадрів. Із параметрів запису камери, що використовувалася можна встановити кількість кадрів в секунду, а саме 15, у нашому випадку. Тому, якщо автомобілю, щоб послідовно перетнути осі освітлювальних опор, знадобилося, наприклад 45 кадрів, то можна сказати, що він витратив на це 3 с. А це швидкість приблизно 8,33 м/с, або 30 км/год. Таким чином, можна встановити швидкості для кожної ділянки перегону та для кожної окремої смуги руху, що і було зроблено в результаті експерименту. Отримані результати було зведено у графіки:



Максимальне значення інтенсивності на ділянці 1 складає **5088** екіпажів. А це означає, що пропускна здатність перегону вже перевищила теоретичну пропускну здатність, підраховану за допомогою формули Веліканова, на **32,6 %**. Але перегон працює у нормальному для міста Києва режимі. Інтервал між транспортними засобами на 1-ій ділянці по найвантаженішій смузі становить 2230 приведених автомобілів в годину пік. В цьому випадку значення інтервалу складає **1,61 с**. А це означає, що відстань між автомобілями у потоці становить в середньому **15,8 м** (3 довжини автомобіля), при швидкості біля **35 км/год**. Щільність транспортного потоку у цьому випадку буде становити приблизно **48 авт/км**.

У ході оцінки функціонування дорожньо-транспортного вузла важливими характеристиками є так звані показники ефективності. Вони дуже важливі для проектувальника, тому що, імовірно, дозволять внести певні виправлення в методику вибору планувального рішення. До цих параметрів відносяться: час у дорозі й швидкість руху (середні значення, дисперсія й розподіли), число переходів у сусідній ряд на автомобіль у секунду, середня довжина черги автомобілів, рівень обслуговування й шум прискорення в досліджуваній системі. Розглянемо останні 2 параметри докладніше.



При оцінці ВДМ міста у якості основного застосовується інтегральний критерій – показник рівня обслуговування (Level of Service, скорочено LOS). Методика його застосування входила в усі чотири видання (1950, 1965, 1985, 2000) посібника з оцінки пропускну здатності Highway Capacity Manual (HCM) і безупинно вдосконалюється. Сфера використання цього критерію охоплює всі стадії: планування, проектування, експлуатацію. В наш час критерій LOS використовується для оцінки умов руху як у програмах моделювання ВДМ, так і у вузькоспеціалізованих програмах проектування перехресть і розв'язок. Про увагу, що приділяється цьому критерію й методикам його застосування, свідчить наступне:

- з 1944 р. у США існує спеціальний комітет **TRB Committee on Highway Capacity and Quality of Service**, що займається розробкою нормативних і методичних документів;
- показник рівня обслуговування включений до складу робочих програм двох комітетів 34 і 310 Світової дорожньої асоціації PIARC.

Рівень обслуговування – це показник зручності руху транспортного потоку. Він запропонований транспортниками США та залежить від насичення, стану проїжджої частини, швидкості та щільності автомобілів. Їх 6: А, В, С, D, Е, F.

Рівень обслуговування **A**: вільний рух автомобілів у транспортному потоці по одній смузі при Q (щільність транспортного потоку) до 6 авт/км.

Рівень обслуговування **В**: комфортний рух автомобілів у потоці при щільності $Q = 6-12$ авт/км.

Рівень обслуговування **С**: стабільний стан, але вже статичний рух у потоці при щільності $Q = 12-18$ авт/км.

Рівень обслуговування **Д**: характеризує перехід до нестабільного руху, виникають групи із автомобілів, що поволі рухаються, щільність потоку $Q = 18-31$ авт/км.

Рівень обслуговування **Е**: умови руху незадовільні, насичений транспортний потік на рівні пропускної здатності стан руху нестабільний, щільність потоку $Q = 32-50$ авт/км.

Рівень обслуговування **Ф**: максимально насичений транспортний потік, рухається повільно, швидкість потоку $V_i > 0,5V_0$ і щільність $Q = 51-100$ авт/км.

За тою самою аналогією можна оцінювати рівень обслуговування для пішохідного потоку.

Повернувшись до результатів проведеного експерименту, можна сказати, що рівень обслуговування на перегоні що по вул. Чорновола має значення **Е** (умови руху незадовільні, насичений транспортний потік на рівні пропускної здатності стан руху нестабільний) у години пік. На скільки це добре або погано, на даному етапі дослідження говорити не доводиться. Спочатку треба встановити деяку норму, стандарт. Для цього необхідне проведення комплексної оцінки ВДМ міста, а вже потім робити висновки щодо задовільності чи незадовільності режиму руху на окремих його ділянках.

Іншим важливим показником комфортності руху автомобілів є «шум прискорення». У теорії транспортного потоку він прийнятий, як показник якості руху. По-суті, він є показником рівномірності руху. По дорозі з малою інтенсивністю водій їде рівномірно, зі зручною для нього швидкістю. При збільшенні інтенсивності потоку до рівня, коли обмежується бажана швидкість руху, водій змушений то розганятися, то пригальмовувати, перебудовуватися в інший ряд і т.п., що приводить до більш помітного відхилення швидкості від рівномірної. Таким чином, шумом прискорення є середнє квадратичне відхилення прискорення і його можна розглядати як відхилення швидкості автомобіля від рівномірної й прийняти за показник рівномірності руху. На наш погляд, цей показник може представляти особливу значимість у якісній оцінці руху транспортного потоку на перетинах міських магістралей у різних рівнях, адже він дозволяє, інакше кажучи, порівняти існуюче положення речей з певним еталоном. Так само шум прискорення корисний і в оцінці перевантажень на вулично-дорожній мережі й на її елементах.

Після збору вихідних даних їх необхідно належним чином обробити й інтерпретувати. Дієвим у цьому випадку може виявитися імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання - це метод, що дозволяє будувати моделі, що описують процеси так, як вони проходили б у дійсності. Таку модель можна «програти» у часі як для одного випробування, так і заданої їхньої безлічі. При цьому результати будуть визначатися випадковим характером процесів режиму руху транспортних і пішохідних потоків. За цим даними можна одержати досить стійку статистику щодо останніх.

Важливо розуміти, для яких конкретно цілей виконується моделювання транспортних потоків. Це або одержання картинки із зображенням руху кожної конкретної транспортної одиниці, з метою отримання уявлення про загальну картину на досліджуваній ділянці, або ж шлях до пошуку рішення фундаментальних питань теорії транспортних потоків. При цьому автори не ставлять метою піддавати перевірці фундаментальні закони останньої. Ціль дослідження полягає в тому, щоб виявити певні закономірності в русі транспортного й пішохідного потоків на перетинанні міських магістралей у різних рівнях, одержати ефективний набір інструментів у вигляді методичного матеріалу й математичних моделей для оцінки існуючого положення й розробки ефективних рекомендацій із проектування й реконструкції дорожньо-транспортних вузлів.

Виділимо наступні перспективні напрямки для дослідження руху транспорту й пішоходів на перетинаннях міських магістралей у різних рівнях:

- **Адаптація засобів моделювання руху транспортних потоків до вітчизняних умов.** Як правило, на сьогоднішній день, розробники програмного забезпечення, пов'язаного з вивченням транспортного потоку - країни Заходу. У свої формули для системи «людина-автомобіль» вони закладають параметри, усереднені для умов їхніх міст. Відповідно, менталітет наших водіїв і параметри середнього автомобіля для пострадянських країн може в якійсь мірі відрізнятися. Виявити цей ступінь відмінності або її відсутність - одне з перспективних і важливих завдань.

- **Розробка рекомендацій з поліпшення існуючої на сьогоднішній день нормативної бази, що стосується розробки проектів міських дорожніх споруд.** В існуючі формули для розрахунку пропускної здатності, а також у нормативні величини закладені значні коефіцієнти запасу щодо визначення динамічного габариту автомобілів у транспортному потоці. Безперечно, так і повинно бути. Але поздовжній й поперечний (по смугах руху) розподіл автомобілів на ділянках вулично-дорожньої мережі вносить свої корективи. Транспортний потік розподіляється стохастичним чином, інтервали між

транспортними засобами мінімальні. Все це повинне бути враховане й через поправочні коефіцієнти внесено в існуючі методики розрахунків.

- **Розробка нових методичних матеріалів.** Значна кількість наявних на сьогоднішній день методичних матеріалів вимагають перевірки й уточнення.

Магістральна мережа міст представляється як система вузлів і перегонів, а місто в цілому, як дорожньо-транспортний вузол. Для оцінки існуючого стану ВДМ міста потрібен якісний збір необхідних для цього параметрів. Рух транспортного й пішохідного потоків на магістралях та перетинах міських магістралей у різних рівнях має ряд особливостей, які в остаточному підсумку впливають на пропускну здатність всієї вулично-дорожньої мережі міста в цілому. Важливо правильно визначити, обробити й дати оцінку цим параметрам.

Література

1. Дрю А. Теория транспортных потоков и управление ими. "Транспорт", 1972 г., стр. 1-424
2. Метсон Т. Организация движения. Научно-техническое издательство министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР, Москва 1960 г., стр. 1-462
3. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
4. Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці / В.І. Гук, Ю.М. Шкодовський: монографія – Х.: Золоті сторінки, 2009. – 232 с.
5. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. <http://spkurdyumov.narod.ru/Mat100.htm#Ma316>.
6. Семенов В.В. Смена парадигмы в теории транспортных потоков. ИПМ им. М.В.Келдыша РАН. М., 2006.

Аннотация

В статье дается определение параметрам, необходимым для оценки режима движения транспортного и пешеходного потоков на пересечениях городских магистралей в разных уровнях и на подходах к ним. Приводятся рекомендации по их сбору и дальнейшей оценке.

Annotation

In article is made definition to the parameters that necessary for an estimation of a mode of movement of traffic flows and foot streams on cities junctions and on approaches to them. It's resulted the recommendations about their gathering and the further estimation.