

УДК 711.11

к.т. н., професор М.М. Осетрін, Д.О. Беспалов,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ОЦІНКА РІВНЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПЕРЕТИНАХ МІСЬКИХ МАГІСТРАЛЕЙ В РІЗНИХ РІВНЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ**

Дається визначення поняттю “енергоефективний режим руху на перетинах магістралей в різних рівнях”. Приводяться пропозиції, щодо його визначення та формування за допомогою програми моделювання транспортних потоків.

Завдання досягти енергоефективної роботи транспортного потоку на перетинах магістралей в різних рівнях на стадії їх проектування, виглядає надзвичайно складним. Під енергоефективністю роботи дорожньо-транспортного вузла слід розуміти експлуатаційний режим роботи транспортного потоку, при якому забезпечується безперервний його рух із заданою швидкістю, без затримок і простоїв, внаслідок чого споживається найменша кількість паливно-змащувальних матеріалів при експлуатації цього вузла.

В ході проектування будь-якого дорожньо-транспортного вузла (перетинів міських магістралей в одному або в різних рівнях), проектувальник повинен отримати відповіді на наступні першочергові питання: який режим руху транспорту сформує обрана геометрія на запроєктованому вузлі?; чи буде забезпечена безперервність руху на точках злиття (примикання з'їздів), а отже і усієї розв'язки в цілому?; чи буде належним чином забезпечена безпека і комфортний рух по обраному інженерно-планувальному рішенню? Або ж інша ситуація: кожен проект реконструкції або нового будівництва дорожньо-транспортного вузла вимагає узгоджень на різних рівнях управління розвитком міста. Завдання проектною організації - належним чином, об'єктивно і доступно представити свій проект, донести його суть до людей, які, можливо, не розбираються в усіх тонкощах і специфіці цієї галузі. Крім того, будь-яке велике будівництво в місті неодмінно викликає інтерес у його городян. Тому, вони мають бути проінформовані про зміни, які їх, можливо, чекають на вулично-дорожній мережі міста.

Отримати достовірні відповіді на вищеперелічені питання надзвичайно складно. З тієї миті, як на вулично-дорожній мережі міст почали з'являтися розв'язки в різних рівнях та інші складні вузли, багато дослідників поставили перед собою завдання - отримати більш-менш достовірні дані про специфіку

функціонування майбутньої дорожньо-транспортної споруди ще на стадії проектування або навіть передпроектних пропозицій (концепції). Так почав розвиватися розділ «Теорії транспортних потоків», присвячений їх математичному моделюванню.

Вітчизняні вчені зіткнулися з цією проблематикою набагато пізніше за зарубіжних колег, напевно, через невисокий рівень автомобілізації міст в колишньому СРСР і плановості його економіки. У зв'язку з цим, ми на цьому етапі не розглядатимемо які-небудь моделі створені вітчизняними дослідниками Теорії транспортних потоків.

Між тим, зарубіжні вчені зіткнулися з абсолютно протилежною ситуацією. Ще Дональд Дрю (Donald Drew), у своїй книзі "Теорія транспортних потоків і управління ними" (Traffic Flow Theory And Control) описав проблему наступного роду : багато молодих дослідників Теорії транспортних потоків, що приступають до роботи в галузі, ставлять собі завданням створення «ідеальної» математичної моделі, здатної описати стохастичний рух транспортного потоку мовою формул. Це зрештою привело до нагромодження величезної кількості всякого роду моделей, починаючи від однієї формули, закінчуючи цілими масивами, які здатна обробити лише обчислювальна машина. Між тим Теорія транспортних потоків вже давно має в розпорядженні потрібний інструментарій в області моделювання транспортних потоків і «винаходити велосипед» тут немає ніякого сенсу. Треба лише правильно використовувати доступні ресурси.

Розглянемо всі нині відомі підходи до моделювання транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста.

Але для початку, відповімо на питання: що ж з себе представляє, власне, процес моделювання? Моделювання є по суті побудовою робочої аналогії процесу, що розглядається. Воно є побудовою робочої моделі, що відображає подібність властивостей або співвідношень з даним реальним завданням. Моделювання дозволяє вивчати складні умови процесу руху транспорту не в реальних умовах, а в лабораторії. У загальнішому сенсі, моделювання можна визначити як динамічне відображення деякої частини реального світу, шляхом побудови моделі на комп'ютері і просуванні її в часі.

За останні 50 років було створено безліч математичних імовірнісних моделей, які на мікро і макро рівнях моделюють транспортні потоки. Деякі з них, такі як, наприклад, VISSIM, мають комерційну основу. Інші ж з'явилися і розвиваються в учбових закладах і проектних інститутах (в першу чергу, в західних ВНЗ) в навчальних цілях. Перші тримаються в найсуворішій таємниці, а другим бракує зручності, простоти використання і візуалізації.

Моделі симуляції (імітування) руху транспортних потоків найчастіше ділять на 4 класи, згідно з рівнем моделювання деталей. Перший рівень - це звичайні макроскопічні моделі, де транспортний потік представляється як потік часток які підкоряються законам гідрогазодинаміки. Другим рівнем виділяють найчастіше використовувані моделі - мікроскопічні, які зосереджуються на індивідуальних транспортних засобах і їх поведінці в потоці. Тоді як макроскопічні моделі використовують менше обчислювальних ресурсів і, тому, дозволяють моделювання великих магістральних мереж, результати часто менш точні в порівнянні з мікроскопічним моделюванням. Моделі третього рівня, мезоскопічні, навпаки намагаються заповнити проміжок між макроскопічним і мікроскопічним моделюванням при використанні індивідуальних транспортних засобів, які приводяться в дію через контролюючі макроскопічні змінні. Підмікроскопічні моделі - це четвертий рівень, що забезпечує найвищий рівень деталізації. Тому вони найчастіше використовуються для моделювання поведінки поодинокого транспортного засобу.

Як дослідників режимів руху транспортного потоку на дорожньо-транспортних вузлах, нас цікавить мікрорівень моделювання. Опустимо опис нині відомих моделей транспортного потоку і перейдемо до найдосконалішої, на наш погляд, і перспективної з них.

**Модель WIEDEMANNa (1974)**, також відома як психофізична модель, і заснована на роботах Michaels (1963), використовується вже більше 30 років. І, як вважається, вона дає досить точні результати моделювання. Деякі з комерційних пакетів моделювання, такі як Paramics і VISSIM досить успішно використовують цю модель для мікромоделювання руху потоків транспорту на усіх елементах вулично-дорожньої мережі міст. Концепція Вайдемана полягає у визначенні порогу сприйняття водія, який будучи перевищеним яким-небудь візуальним стимулом (наприклад, транспортним засобом, що наближається), викликає поведінкову реакцію. Реакція залежить від відношення між автомобілем і попереднім транспортним засобом. Ось деякі з параметрів взаємодії моделі : наближення (Approaching), слідування (Following), надзвичайна ситуація (Emergency), неупередження (Uninfluenced). Кожній одиниці екосистеми людина-автомобіль (DVU) присвоюється певний набір характеристик, які визначають його поведінку, наприклад, його настороженість (alertness), час реакції (reaction time), прагнення до безпеки (need for safety) або готовність прискоритися (willingness to accelerate).

Як вже згадувалося раніше, пакет моделювання VISSIM, який ґрунтується на цій моделі, є комерційним і його внутрішній код є закритим. Ми можемо спостерігати лише результат моделювання, який відображається у

вигляді демонстраційного ролика де показана імітація руху транспортного потоку на вибраній ділянці вулично-дорожньої мережі.

Можна прогнозувати, що ця програма в змозі допомогти проектувальнику у формуванні енергозберігаючого (енергоефективного) режиму руху на перетинах міських магістралей. Критерієм саме такого режиму руху буде його безперервність.

На останок, хочеться поговорити про критерій оцінки енергозберігаючого режиму руху, в т.ч. і на існуючих дорожньо-транспортних вузлах. Найбільш відповідним тут являється такий параметр як «шум прискорення».

Шум прискорення (середнє квадратичне відхилення прискорення) можна розглядати як відхилення швидкості автомобіля від рівномірної або прийняти за показник рівномірності (енергоефективності) руху. Визначення «шум» використовується, щоб показати що порушення рівномірності руху порівняне з шумами відеосигналу, що викликають, наприклад, перешкоди на екрані телевізора.

Зв'язавши «шум прискорення» з динамікою витрати палива автомобілем на вузлі ми отримаємо кількісний показник для оцінки енергоефективності режиму роботи транспортного потоку на усіх ділянках вулично-дорожньої мережі міста, включаючи конкретний перетин міських магістралей в різних рівнях.

### 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. - 462 с.
3. Michaels, R. M. (1963). «Perceptual factors in car following.» Proceedings of the Second International Symposium on the Theory of Road Traffic Flow. Paris: OECD, 44-59.
4. Wiedemann, R. (1974) «Simulation des Straßenverkehrsflusses». PhD-thesis. University of Karlsruhe. Germany.

### Аннотация

Дано определение понятию “энергoeffективный режим движения на пересечениях магистралей в разных уровнях”. Даются предложения относительно его определения та формирования при помощи моделирования транспортных потоков.

### Annotation

The article provides a definition of «energy-effective mode» of traffic movement in cities interchanges. We give suggestions for its determination with using traffic simulation.