

ТЕОРІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В МІСТОБУДУВАННІ

Гук В.І. *д.т.н., професор*

(Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Головне призначення існуючих вулиць і доріг, об'єднаних в планувальну структуру міста – забезпечити комфортне, швидке и безпечне пересування його мешканців, для чого в містах України все ширше використовується легковий автомобіль. Тобто зростає автомобілізація і транспортна рухомість міського населення. Збільшення перевезень автомобільним транспортом супроводжується якісним перетворенням міського і дорожнього рухів в масовий процес, що характеризується безперервним рухом щільних транспортних потоків, які досягають за своєю насиченістю межі пропускної спроможності. Причому в години «пік» мають місце випадки перенасичення руху, що супроводжується значними непродуктивними затримками, заторами, зростаючим рівнем аварійності, забрудненням навколишнього середовища, відчутними витратами енергетичних ресурсів. Пошук резервів і обґрунтування нових методів підвищення ефективності, безпеки та екологічності автомобільних перевезень за рахунок удосконалення транспортних комунікацій і організації міського руху має базуватися на випереджаючому розвитку пошукових, фундаментальних досліджень галузевої транспортної науки – теорії транспортних потоків, яка розкриває закономірності руху існуючих насичених транспортних потоків, властиві їм внутрішні особливості, причинно-наслідкові зв'язки, складну єдність їх різноманітних властивостей. Все це поєднано у фундаментальну наукову базу.

Проте складність міського руху, його нові якісні стани стали причиною безсистемного ускладнення інженерних розрахунків і рішень в проектуванні міських транспортних систем, магістралей, багатоповерхових перетинів на різних рівнях, вулично-дорожніх мереж, в організації перевезень вантажів, пасажирів і дорожнього руху. Причому ухвалюванні рішення часто мало ефективні і капіталоемкі, оскільки не мають надійної наукової бази, що переконливо підкреслюється зарубіжним досвідом у вирішенні міських транспортних проблем. Так, у США і пізніше в країнах Західної Європи безперервні транспортні потоки, затори, багатогодинні пробки спостерігалися вже в 1925 році, проте поспіх у розвитку не транспортної науки, а мережі доріг для індивідуального транспорту не дозволив стати на правильний шлях у вирішенні складних прикладних задач міського руху, і як результат – величезна кількість аварій, смог,

низькі швидкості, затори, диспропорція в розвитку громадського транспорту. Таким чином, народногосподарська необхідність у вдосконаленні організації і технології перевезень у містах, у підвищенні пропускної спроможності вулиць і доріг, безпеки і економічності дорожнього руху, ускладнена специфіка руху потоків транспорту на міських вулицях і дорогах, нова техніка управління дорожнім рухом з широким використанням ЕОМ, зростання ролі прийняття рішень в умовах невизначеності як при перспективному проектуванні вулично-дорожніх мереж, міських магістралей, так і при організації руху автомобільного і пасажирського транспорту висунули об'єктивні вимоги до вивчення особливостей і законів руху безперервних потоків транспорту, які, у свою чергу, є предметом прикладної наукової дисципліни – теорії транспортних потоків.

Виконані дослідження направлені на пошук причиново-наслідкових зв'язків у потоці. Проте вживані моделі не дозволяють зробити узагальнення, оскільки це властиво тільки теорії.

Перша узагальнююча робота з теорії транспортного потоку, опублікована Ф. Хейтом у 1963 р., монографія В. Ештона, опублікована в 1966 р., Д. Дрю – в 1968 р., І. Пригожина і Р. Германа – в 1971 р., Г. Дейхла – в 1975 р., В.В. Сильянова – в 1977 р. і учбовий посібник автора – у 1991 р., багато у чому сприяли становленню і розвитку теорії. Монографії у 2009 -2011 р

Автором упродовж багатьох років розвивався цей важливий науковий напрям, пов'язаний із дослідженням і розробкою ідентифікації потоку транспорту як динамічного об'єкта управління, зі встановленням, рішенням і аналізом класу диференціальних рівнянь, що описують стан, причиново-наслідкові зв'язки і рух насичених потоків транспорту в часі через перетин проїжджої частини вулиць; класу диференціальних рівнянь, що описують рух потоків транспорту в просторі вулиць і доріг, з якісним і кількісним аналізом станів потоків транспорту і міського дорожнього руху, з розробкою спектра нових вимірників, властивих транспортному потоку як складній системі зі зворотним негативним зв'язком. Все це дозволило удосконалити методи проектування вулично-дорожніх мереж, методи транспортної оцінки містобудівних територій, методи визначення, розрахунку і підвищення пропускної спроможності міських магістралей і різного типу перетинів в одному і різних рівнях, методи техніко-економічних обґрунтувань проектних рішень рекомендувати методи підвищення перевізної спроможності громадського наземного транспорту і ефективності управляючих технологічних транспортних систем та

закласти теоретичну базу для подальших прикладних досліджень, спрямованих на вирішення актуальних транспортних проблем.

Сучасна теорія транспортного потоку, основана на численних методах моделювання руху як процесу вірогідності із залученням значного за обсягом експериментального матеріалу, не розкриває причинно-наслідкові зв'язки, закономірності динаміці транспортних потоків.

Тому назріла об'єктивна необхідність у вивченні й описанні станів потоку транспорту як динамічної системи, з розкриттям його нових якісних особливостей, встановленням властивостей, структури, причинно-наслідкових зв'язків, динаміки зміни пересувань на міських вулицях і дорогах для пошуку нових законів, явищ, методів і засобів кількісного відображення і для урахування встановлених закономірностей в проектуванні вулично-дорожніх мереж, в організації дорожнього руху та прийомах планувального управління рухом. Розкриті:

- «транспортний потік» й оцінки її зовнішньої працездатності; враховується дуальність автомобіля;
- теорії станів транспортних потоків у зосереджених параметрах на планувальних елементах вулиць і доріг;
- теорії станів транспортних потоків у розподілених змінних і параметрах на вулично-дорожній мережі;
- теорії якісної і кількісної оцінок станів;
- теорії хвиль транспортного потоку.

Об'єктом дослідження є стан потоку транспортних засобів на вулицях і дорогах міста, що вивчається як складна система, об'єднана поняттям «транспортний потік», з зворотним зв'язком. Загальним принципом в розбудованій теорії прийнята цілостність процесу руху транспортного потоку, а вторинним – положення і швидкість автомобіля в потоці.

Сформована динамічна теорія транспортних потоків, теорія вимірників з розкриттям структури потоку, взаємозв'язки нових параметрів і змінних, таких як: кількість потоку, кількість руху, потужність потоку, інерційність і питома інтенсивність, працездатність, дорожній і транспортний потенціали, ексергію (зовнішню працездатність системи, тобто організацію руху транспорту на дорогах), градієнти щільності і інтенсивності, критерії і показники, що характеризують різні стани дорожнього руху. Наводяться принципи симетрії і закони збереження потужності і інтенсивності потоку в перетині дорогі і на перехресті, а швидкості - на замкнутому маршруті руху. Нова парадигма теорії в одному рівнянні стану об'єднує три фази

руху: стартування (розгін), рівноважний рух і гальмування – в загальний рух транспортного потоку як систему «start – go – stop» в диференціальну форму. Виводяться комплексні показники для оцінки станів дорожнього руху на різних ділянках вулиць і доріг і для порівняння варіантів проектних рішень. Комплексні критерії отримані на основі якісної характеристики потоку з використанням методу узагальненого аналізу і показані приклади їх використання для складання алгоритмів, що управляють рухом.

Встановлено закон зміни кількості транспортного потоку «Зміна інтенсивності транспортного потоку за деякий проміжок часу дорівнює зміні кількості автомобілів в потоці за той же час». Функції магістралі, що забезпечує безперешкодний рух автомобіля, описані дорожнім потенціалом. Оптимальне значення дорожнього потенціалу – пропускна спроможність вулиці і дороги при максимальному забезпеченні безпеки руху. Накопичення автомобілів на проїжджій частині і їх працездатність характеризують транспортний потенціал, який залежить від дистанції, швидкості і щільності транспортного потоку. Транспортний потенціал визначає стан безпеки руху в насиченому потоці і указує шляхи підвищення пропускної спроможності вулиць і доріг за рахунок адаптації водіїв до умов руху і впровадження нових технологій в організацію дорожнього руху.

Сума дорожнього і транспортного потенціалів описує організацію руху транспортного потоку як безперервну зміну його станів і характеризує зовнішню працездатність (ексергію) системи «транспортний потік». Це триєдина характеристик руху в умовах «start-go-stop» є транспортно-швидкісною характеристикою потоку у вигляді його потужності. Рух є безперервна зміна його станів таких як: нульове, стає, стійке і нестійке рівноважне, періодичне і аперіодичне. Перехідний режим руху транспортного потоку при частій зміні його станів є одною з об'єктивних причин виникнення ДТП. Розкрито закон зміни інтенсивності в передзаторової ситуації по експоненті і характер зміни дистанції між автомобілями по гармонійному закону біля безпечної дистанції. Наведена в дослідженні теорія дозволила скласти основні класи рівнянь, що описують рух автомобіля при різному його місцеположенні в транспортному потоці, і рівняння, які описують зміни кількості автомобілів в потоці.