

УДК 656.13
Євчук Ю.Ю.
асп. НУ «Львівська політехніка»

ВТРАТИ ЧАСУ У ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКАХ ЗА УМОВИ КООРДИНОВАНОГО УПРАВЛІННЯ НИМИ

Важливою складовою покращення якості транспортного обслуговування у великих та особливо великих містах є впровадження сучасних автоматизованих систем управління дорожнім рухом на магістральних вулицях, які здатні забезпечити пропуск інтенсивних транспортних потоків. За своїм функціональним призначенням магістральні вулиці мають забезпечувати швидке введення у місто або виведення із нього місцевого та зовнішнього транспорту з найменшими затримками, а також покращувати транспортний зв'язок між окремими великими транспортними районами та функціональними зонами. Як правило, такими ділянками транспортної мережі прокладаються також маршрути громадського транспорту, а в окремих, периферійних районах, передбачається рух вантажного транспорту. Така дорожньо-транспортна ситуація ускладнює управління рухом, оскільки необхідно враховувати не лише значний його обсяг, але й неоднорідність транспортного потоку.

Під час впровадження координованого управління рухом значну увагу зосереджують на вивченні груп транспортних засобів, а саме їх формуванні та розпаді. Як відомо, група формується на стоп-лінії під час ввімкненого заборонного сигналу. Після ввімкнення дозвільного сигналу розпочинається роз'їзд групи. У міру неоднорідності транспортного потоку під час руху ділянкою така група починає розпадатись. На цей процес впливають

експлуатаційні характеристики транспортних засобів. Виходячи із цього, важливо проаналізувати, яким чином в процесі руху розпадається група транспортних засобів на ділянках вулиць за неоднакової відстані між зупинками з метою подальшого збалансованого розподілу дорожнього простору [1]

Так, у роботі [2], ґрунтуючись на аналітичних залежностях, які описують процес формування груп транспортних засобів під час їх руху прямолінійними ділянками транспортної мережі отримано таку величину довжини перегону (l), за якої розпад групи транспортних засобів не відбуватиметься, а забезпечуватиме рівномірний рух магістраллю. Така величина перегону визначається залежністю [2]:

$$l \geq \max \left\{ 125 \cdot v \cdot \ln \frac{G}{P_1(0)}, 125 \cdot v \cdot \ln \frac{T-G}{P_2(0)} \right\}, \quad (1)$$

де v – середня швидкість потоку; G – момент часу, коли починається рух із конфліктуючого напрямку; T – тривалість циклу регулювання; $P_i(0)$ – часова довжина групи транспортних засобів на підході до i -го перегону.

Результатом дослідження є визначення граничних значень довжини перегону, на якому інтервал часу між групами не перевищує середнього інтервалу між транспортними засобами у групі. Це означає, що транспортний потік стає стаціонарним за певних параметрів перегону транспортної мережі (170 – 1200 м), що забезпечує його сталий рух.

У роботі [3] наведено методику та проведено натурні дослідження на магістральній транспортній мережі за умови, що відстань між сусідніми зупинками не перевищує 300 м, а інтенсивність руху на одну смугу становить 400 – 600 авт./год. Результатом цього дослідження є те, що «стійкість» груп транспортних засобів забезпечується за умови досягнення однаковими фазовими зсувами з урахуванням особливостей транспортного потоку. До особливостей транспортного потоку тут відносять нерівномірність руху, швидкість, випередження та обгони, а також вплив складу потоку та дорожніх умов. На відміну від роботи [2], у роботі [3] дослідження проводиться на транспортній мережі зі значною щільністю.

Зсувом фаз в системах координації також займалися дослідники у роботі [4], який вони проаналізували із використанням графоаналітичного методу. Його суть полягає у побудові графіку руху групи транспортних засобів в системі координат «час – відстань». Автори будували «стрічки часу» для прямого та зустрічного напрямків руху, в яких аналізували

перетворення на трьох стадіях: утворення групи транспортних засобів під час роз'їзду черги від стоп-лінії на першому перехресті; розпад групи під час її руху перегonom; формування групи на підході до наступного перехрестя у випадку дії заборонного сигналу або за наявності на шляху руху черги автомобілів, які в'їхали на магістраль з другорядних напрямків першого перехрестя і вимушено зупинились на заборонний сигнал. У роботі [4] стверджується, що під час руху ділянкою магістральної вулиці за різних значень довжини черги, яка перешкоджає руху у «стрічці часу», відбувається зміна миттєвого значення інтенсивності транспортного потоку. За такого випадку виникає зона, у якій водії змушені знижувати швидкість аж до повної зупинки. Такі зони є «вузькими місцями», де суттєво знижується пропускна здатність. Виходячи із викладеного у роботі [4], суттєвий вплив на ефективність координованого управління за критерієм мінімізації затримки руху має інтенсивність транспортного потоку не лише за головним (координованим) напрямком, але й за другорядним.

У системах координації важливим завданням є забезпечення беззупинного руху магістральних транзитних транспортних потоків. Як відзначалось раніше, на практиці досягти такого результату вважається досить складним завданням, оскільки під час руху в міських умовах спостерігаємо великий розмах вибірок випадкової величини – швидкості руху, що пов'язано із складом транспортного потоку. Виходячи із цього, у PTV VISSIM було змодельовано процес проїзду транспортного потоку із вимірними показниками за встановленої швидкості руху 40, 50 та 60 км/год. Тривалість дозвільного сигналу на двосмуговому напрямку становила 30с. Під час моделювання змінювалась відстань між стоп-лініями з метою визначення її впливу на розпад груп. Метою цього експерименту є визначення потреби збільшеного основного (дозвільного) сигналу на наступній стоп-лінії (відстань до якої є змінною), щоб пройшов останній ТЗ з черги, яка виїхала на першому перехресті. Результати моделювання наведено на рис. 1.

У результаті моделювання визначено, що найстабільнішим (за критерієм швидкості) є транспортний потік, який керується обмеженням швидкісного режиму регулювання 40 км/год. У такому випадку при збільшенні відстані між стоп-лініями від 50 м до 600 м потреба у продовженні тривалості дозвільного сигналу на наступній стоп-лінії (регульованому перехресті або пішохідному переході) збільшується від 3 с до 10 с. У той же час, за такої ж зміни відстані між стоп-лініями при обмеженні швидкісного режиму до 50 км/год збільшення дозвільного сигналу може досягати значення близько 20 с, а при 60 км/год – 30 с.

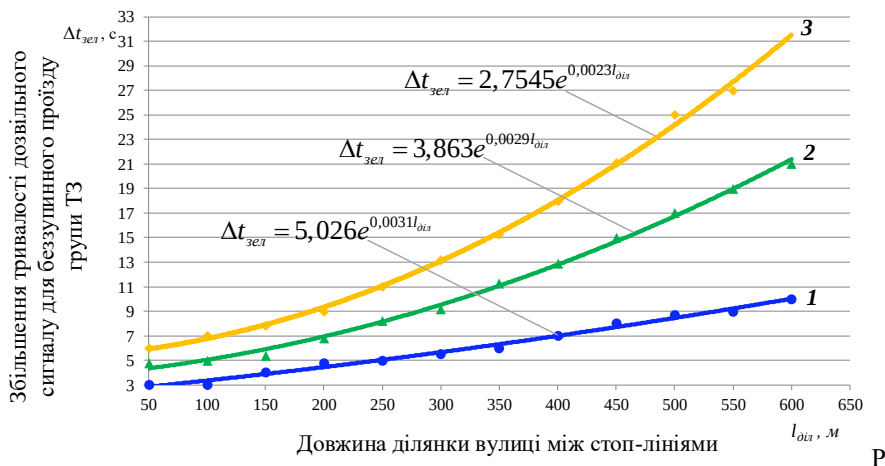


Рисунок 1 – Результати моделювання збільшення тривалості дозвільного сигналу (відносно розрахункової), виходячи із критерію мінімізації затримки, залежно від довжини ділянки вулиці між стоп-лініями за різних швидкостей руху: 1 – 40 км/год; 2 – 50 км/год; 3 – 60 км/год

Виходячи із результатів цього дослідження, обґрунтовується доцільність облаштування проміжних стоп-ліній у системі координації, а також підтверджується високий рівень стабільності транспортного потоку за швидкості 40 км/год. Звісно, таке твердження справедливе для міських магістральних вулиць із значною неоднорідністю транспортного потоку та за наявності мінімум двох смуг руху в одному напрямку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Currie G. Balanced Road Space Allocation: A Comprehensive Approach / G. Currie, M. Sarvi, W. Young. // ITE Journal on the Web. – 2007. – С. 75–83..
2. Абрамова Л. С. Особливості моделювання групового руху транспортних засобів у містах // Abstracts of the 1st International scientific and practical conference “Scientific achievements of modern society” (September 11-13, 2019) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2019. Pp. 8-17..
3. Дослідження координованого управління транспортними потоками в центральній частині міста / М.Криstopчук, І. Хітров, О. Цьонь, О. Почужевський. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2021. – №1(16). – С. 82–90. doi :10.36910/automash.v1i16.511.
4. Кулик М. Забезпечення сталої швидкості транспортних потоків в режимі координованого управління на міських магістралях / М. Кулик, В.

Ширін. // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції “Безпека на транспорті – основа ефективної інфраструктури: проблеми та перспективи”. – 2019. – С. 238–241.