

Попов С.Ю., студент, Дудніков О.М., к.т.н.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

## ФОРМУЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЗПЕКИ РУХУ МАРШРУТНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ІСНУЮЧИХ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА

*У роботі сформульовано наукову задачу щодо вдосконалення існуючої методики розрахунку маршрутів міських автобусних перевезень з урахуванням безпеки руху на вулично-дорожній мережі міста. Сформульовано загальні характеристики безпеки руху на маршрутах міських автобусних перевезень, які розраховуються для ділянок та вузлів вулично-дорожньої мережі, а також для маршруту в цілому.*

### **Постановка наукової задачі, що вирішується**

В існуючих умовах організації пасажирських перевезень у містах України підрозділами ДАІ фіксується значна кількість дорожньо-транспортних подій (ДТП) з маршрутними транспортними засобами, при цьому відзначається не тільки зростання кількості ДТП, але й їх тяжкості [1]. Більшість ДТП з маршрутними транспортними засобами відбувається за участю автобусів, що рухаються міськими маршрутами. Серед головних причин виникнення вказаних ДТП офіційною статистикою прийняті наступні: недисциплінованість водіїв, що виражається в порушенні ними основних положень Правил дорожнього руху у вигляді перевищення швидкості, порушення правил обгону, зупинка маршрутного автобусу на недозволенних ділянках маршруту; невідповідність вимогам технічного стану рухомого складу маршрутних транспортних засобів, що полягає, у більшості, в експлуатації автобусів зі строком служби більш ніж строк до капітального ремонту, неприцездатності приладів на приладовій панелі для водія (особливо спідометрів); невідповідність вимогам стану дорожніх умов й умов руху у місці виникнення ДТП. При аналізі вказаних причин виникнення ДТП не враховується той факт, що автобуси переміщуються по вулично-дорожній мережі міста в строгій відповідності з виділеним маршрутом руху (без можливості яких-небудь об'їздів складних ділянок доріг) і в умовах мінливих транспортних потоків. Додатково необхідно відзначити, що в паспорті маршруту враховується наявність місць концентрації ДТП і їхня кількість по довжині маршруту, але ці дані ніяким чином не впливають на розрахунки маршрутів, також той факт, що в процесі руху автобуса маршрутом він послідовно, за кожен рейс, проїжджає визначену кількість вказаних місць.

Таким чином, безпеку руху маршрутного транспорту потрібно розглядати як таку, що включає в себе як безпеку руху маршрутного транспортного засобу безпосередньо на маршруті, так й безпеку руху на ділянках та вузлах вулично-дорожньої мережі міста, через які проходить маршрут. Вказана узагальнена наукова задача дозволяє сформулювати більш конкретну задачу, що буде вирішуватися у даній роботі в межах наступної мети.

### **Мета роботи**

Сформулювати загальні характеристики щодо врахування у методиці розрахунку маршрутів міських автобусних перевезень безпеки руху на ділянках та вузлах вулично-дорожньої мережі міста, через які проходить маршрут.

### **Основна частина**

Дорожні умови руху у вузлах та на ділянках вулично-дорожньої мережі міста, через які планується, або проходить відповідний маршрут руху автобусів, є однаковими як для

транспортних потоків, що рухаються територією міста, так і для відповідних маршрутних транспортних засобів. Зазначена особливість розкриває відсутність необхідності детального дослідження впливу дорожніх умов на безпеку руху маршрутного транспорту, бо він знаходиться практично в тих же умовах, що й загальний транспортний потік, тобто вказаний вплив вже досліджено в умовах аналізу загального впливу дорожніх умов на безпеку дорожнього руху [2, 3].

Важливо наголосити, що в умовах руху певного транспортного потоку на відповідній ділянці дороги формується окрема система „транспортний потік – дорожні умови” [2,3]. Вона має свої закономірності функціонування, свій рівень зручності руху [4,5], та, як наслідок, свій рівень безпеки руху, який можливо кількісно оцінити за даними статистики ДТП на вказаній ділянці дороги. При введенні розглянутої ділянки дороги в склад певного маршруту до сформованого транспортного потоку входять додаткові транспортні засоби. Маршрутні транспортні засоби входять до транспортного потоку не як окремі додаткові автомобілі, а як окремий транспортний потік, який на відміну від сформованого на ділянці дороги має досить суттєву різницю, що полягає у наступному:

- транспортний потік маршрутного транспорту має в своєму складі досить визначений однотипний рухомий склад, який ще й має суттєві геометричні розміри;
- швидкість транспортних засобів транспортного потоку маршрутного транспорту наближується одна до одної та до швидкості, що передбачена під час розробки маршруту у розкладі руху, яку згідно положень теорії транспортних потоків можна прийняти за швидкість вказаного транспортного потоку;
- щільність транспортного потоку маршрутного транспорту є також досить визначеною, бо вона відповідним чином передбачена розкладом руху.

Ступінь впливу маршрутного транспорту на транспортний потік на ділянці вулиці можливо кількісно оцінити за наступними основними характеристиками:

- доля маршрутних транспортних засобів у складі транспортного потоку за годину в піковий період інтенсивності руху;
- різниця швидкості руху маршрутних транспортних засобів (відповідно до розкладу) та швидкості транспортного потоку за годину в піковий період інтенсивності руху;
- ступінь зміни інтенсивності транспортного потоку при введенні до транспортного потоку маршрутного транспорту за годину в піковий період інтенсивності руху;
- ступінь зміни щільності транспортного потоку при введенні до транспортного потоку маршрутного транспорту за годину в піковий період інтенсивності руху.

Відповідно до запропонованих характеристик оцінки ступеня впливу маршрутного транспорту на транспортний потік на ділянці вулиці пропонуємо наступні формули їхнього розрахунку:

- доля маршрутних транспортних засобів у складі транспортного потоку:

$$\Delta_1 = \frac{n_m}{n_\Sigma}, \quad (1)$$

де  $n_m$  — кількість маршрутних транспортних засобів, що була виявлена при натурних спостереженнях за транспортним потоком у перетині дороги на ділянці відповідної вулиці маршруту за годину в піковий період інтенсивності руху, *од.*;

$n_\Sigma$  — сумарна кількість транспортних засобів, що була виявлена при натурних спостереженнях за транспортним потоком в перетині дороги на ділянці відповідної вулиці маршруту за годину в піковий період інтенсивності руху, *од.*;

- різниця швидкості руху маршрутних транспортних засобів (відповідно до розкладу) та швидкості транспортного потоку за годину в піковий період інтенсивності руху:

$$\Delta_2 = \frac{\frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_u} V_i}{\frac{1}{n_\Sigma} \sum_{j=1}^{n_\Sigma} V_j}, \quad (2)$$

де  $V_i$  — швидкість  $i$ -го маршрутного транспортного засобу, що була виявлена при натурних спостереженнях за транспортним потоком в перетині дороги на ділянці відповідної вулиці маршруту за годину в піковий період інтенсивності руху, *км/год.*;

$V_j$  — швидкість  $j$ -го транспортного засобу, що була виявлена при натурних спостереженнях за транспортним потоком в перетині дороги на ділянці відповідної вулиці маршруту за годину в піковий період інтенсивності руху, *км/год.*;

– ступінь зміни інтенсивності транспортного потоку при введенні до транспортного потоку маршрутного транспорту за годину в піковий період інтенсивності руху:

$$\Delta_3 = \frac{N_\Sigma - N_m}{N_\Sigma} = \frac{n_\Sigma - n_m}{n_\Sigma}, \quad (3)$$

де  $N_m$  — інтенсивність руху маршрутних транспортних засобів, що була виявлена при натурних спостереженнях за транспортним потоком в перетині дороги на ділянці відповідної вулиці маршруту за годину в піковий період інтенсивності руху, *авт./год.*;

$N_\Sigma$  — сумарна інтенсивність руху транспортних засобів, що була виявлена при натурних спостереженнях за транспортним потоком в перетині дороги на ділянці відповідної вулиці маршруту за годину в піковий період інтенсивності руху, *авт./год.*;

– ступінь зміни щільності транспортного потоку при введенні до транспортного потоку маршрутного транспорту за годину в піковий період інтенсивності руху:

$$\Delta_4 = \frac{q_\Sigma - q_m}{q_\Sigma} = \frac{\frac{N_\Sigma}{\frac{1}{n_\Sigma} \sum_{j=1}^{n_\Sigma} V_j} - \frac{N_m}{\frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_u} V_i}}{\frac{N_\Sigma}{\frac{1}{n_\Sigma} \sum_{j=1}^{n_\Sigma} V_j}} = 1 - \frac{n_m}{n_\Sigma} \frac{\frac{1}{n_\Sigma} \sum_{j=1}^{n_\Sigma} V_j}{\frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_u} V_i} = 1 - \left( \frac{n_m}{n_\Sigma} \right)^2 \frac{\sum_{j=1}^{n_\Sigma} V_j}{\sum_{i=1}^{n_u} V_i}, \quad (4)$$

де  $q_m$  — щільність руху маршрутних транспортних засобів, що була виявлена при натурних спостереженнях за транспортним потоком на ділянці відповідної вулиці маршруту за годину в піковий період інтенсивності руху, *авт/км.*;

$q_\Sigma$  — сумарна щільність руху транспортних засобів, що була виявлена при натурних спостереженнях за транспортним потоком на ділянці відповідної вулиці маршруту за годину в піковий період інтенсивності руху, *авт/км.*

Запропоновані характеристики (1)...(4) дають можливість кількісно оцінити вплив маршрутного транспорту на основні характеристики транспортного потоку на ділянці вулиці міста, до того ж вказані характеристики можна досить легко визначити та розрахувати експериментально. Зазначені характеристики оцінити теж нескладно: практично відсутній вплив — характеристики наближаються до одиниці; суттєвий вплив — характеристики наближаються до нуля.

У якості загальної характеристики впливу маршрутного транспорту на транспортний потік на відповідній ділянці вулиці міста можна запропонувати наступну залежність:

$$\Delta_d = \frac{1}{4}(\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4). \quad (5)$$

Для застосування характеристики (5) у методиці розрахунку маршрутів міських автобусних перевезень необхідно провести дослідження щодо наявності зв'язку між характеристикою (5) та показниками аварійності на відповідній ділянці вулиці міста з урахуванням розмежування ДТП з автобусами та ДТП з транспортними засобами наявного транспортного потоку, що можна виконати за допомогою кореляційного аналізу.

Розглянуті характеристики стосуються тільки певних перетинів на серединах ділянок вулиць, які входять до відповідних маршрутів руху, додатково необхідно враховувати вплив наявності маршрутних транспортних засобів в русі транспортних потоків через перехрестя вулиць міста. У теорії транспортних потоків немає достатньо обґрунтованих характеристик, які б адекватно розкрили стан транспортних потоків на перехресті доріг (до того ж ще потрібно довести, що роз'їзд транспортних засобів, з погляду безпеки руху, на перехресті доріг можна розглядати у вигляді транспортних потоків, які повинні характеризуватися не тільки інтенсивністю, а й швидкістю та щільністю!).

Таким чином, пропонується враховувати вплив маршрутного транспорту на рух транспортних засобів на перехресті доріг з погляду безпеки руху у вигляді наступної характеристики:

$$\Delta_n = \frac{N_{ДТП}^{\Sigma} - N_{ДТП}^M}{N_{ДТП}^{\Sigma}}, \quad (6)$$

де  $N_{ДТП}^M$  — середньорічна кількість ДТП з маршрутними транспортними засобами на перехресті доріг, *од.*;

$N_{ДТП}^{\Sigma}$  — загальна середньорічна кількість ДТП з транспортними засобами на перехресті доріг, *од.*

За допомогою характеристик (5) та (6) (при подальшому відповідному експериментальному обґрунтуванні) є доцільним оцінити безпеку руху маршрутних транспортних засобів на всій довжині маршруту з необхідною розбивкою його на однорідні ділянки вулиць та перехрестя доріг, що у символічному вигляді можна записати у вигляді наступної характеристики:

$$\Delta_m = \frac{1}{D + P} \left[ \sum_{f=1}^D (\Delta_d k)_f + \sum_{s=1}^P (\Delta_n)_s \right], \quad (7)$$

де  $D$  — загальна кількість однорідних перегонів на маршруті, *од.*;

$P$  — загальна кількість перехресть доріг на маршруті, *од.*;

$k$  — коефіцієнт корекції характеристики впливу маршрутного транспорту на транспортний потік на відповідній ділянці вулиці міста з урахуванням кореляції зі статистикою ДТП, *од.*

Характеристика (7) є своєрідним „коефіцієнтом безпеки руху на маршруті” автобусів по відповідним ділянкам вулично-дорожньої мережі міста. Значення характеристик коливаються в проміжку 0...1, де 0 — є межею найнижчого рівня безпеки руху, а 1, відповідно, — найвищою межею.

### **Висновок**

Таким чином, у роботі досягнуто мету з формулювання загальних характеристик щодо врахування у методиці розрахунку маршрутів міських автобусних перевезень існуючої безпеки руху на ділянках та вузлах вулично-дорожньої мережі міста, через які проходить ма-

ршрут. Запропоновані характеристики дозволяють оцінювати безпеку руху на перегонах, перехрестя доріг й вулиць та оцінювати в цілому.

### *Подальший розвиток досліджень*

Подальші дослідження, насамперед, потрібно сконцентрувати на виявленні кореляційної залежності між загальною характеристикою впливу маршрутного транспорту на транспортний потік на відповідній ділянці вулиці міста та існуючими показниками аварійності на вказаній ділянці, на виявленні експериментальних даних щодо значень характеристики безпеки руху маршрутного транспорту через перехрестя доріг.

### *Список літератури*

1. Статистика ДТП в Україні за десять останніх років. — К.: НДЦ БДР України, 2006.
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. — М.: Транспорт, 1982. — 288 с.
3. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. — М.: Транспорт, 1977. — 303 с.
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. — М.: Транспорт, 1972. — 424 с.
5. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. — М.: Мир, 1966. — 285 с.

Стаття надійшла до редакції 16.04.07  
© Попов С.Ю., Дудніков О.М., 2007