

Попов С.Ю., Дудніков О.М., к.т.н.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ» м. Горлівка

СИНТЕЗ МАКРОСКОПІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЗАЄМОДІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ З ТРАНСПОРТНИМ ПОТОКОМ НА ДОРОГАХ ДРУГОЇ КАТЕГОРІЇ

Розглянуто питання безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах другої категорії. Введено поняття транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту. Розглянуто взаємодію транспортного потоку та транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту на макроскопічному рівні.

Постановка наукової проблеми та задачі, що вирішується

Останнім часом забезпечення безпеки руху на автотранспорті являє значний прояв відповідної наукової проблеми. За даними Світової Організації охорони здоров'я в результаті ДТП щорічно гине 1,2 млн осіб і 50 млн отримують поранення [1]. На території України за статистичними даними протягом 2007 року було скоєно 277480 ДТП, в них 9481 осіб загинуло та 77893 осіб травмовано [1]. З загальної кількості вказаних ДТП на пасажирському маршрутному транспорті 172 особи загинули та 1559 осіб травмовано. Рух пасажирського маршрутного транспорту можна поділити на рух міськими дорогами та рух на замських дорогах. За межами міст транспортні засоби здійснюють рух дорогами I та II категорії, що складає 16 км та 8600 км, відповідно [1]. Дороги I категорії зустрічаються тільки 16 км [1]. Рух маршрутного транспорту на замських дорогах здійснюється здебільшого дорогами II категорії та не супроводжується значною кількістю конфліктних зон, як у містах, у вигляді пішохідних переходів, пересічень в одному рівні, зон руху велосипедистів та ін.

З'ясовано, що кількість ДТП з пасажирськими маршрутними транспортними засобами на дорогах другої категорії складає 8 % від загальної кількості ДТП на вказаних дорогах. Доля маршрутного транспорту в транспортному потоці, який рухається ділянкою дороги другої категорії, складає 9 % [1]. Для такої кількості пасажирського маршрутного транспорту у транспортному потоці відсоток ДТП є дуже значним. Кількість постраждалих та загиблих на одне ДТП значно більша за ДТП з іншими типами рухомого складу автомобільного транспорту. ДТП з вказаними транспортними засобами на дорогах другої технічної категорії мають максимальну тяжкість, яка за сучасними дослідженнями викликана значними швидкостями руху. Вищенаведене вказує на актуальність обраного напрямку наукового дослідження.

Аналіз останніх досліджень

Авторами були проаналізовані сучасні вимоги до складання паспортів маршрутів та до розрахункових методик організації руху транспорту на маршруті [2]. Встановлено, що безпека руху пасажирського маршрутного транспорту враховується тільки при організації маршруту, та вноситься у паспорт маршруту. Наведена в паспорті маршруту інформація стосується наявних залізничних переїздів та місць концентрації ДТП, які зображені на схемі маршруту та показані у вигляді переліку. Методики розрахунку ступеня небезпеки або методики організації маршруту, яка враховувала би рівень безпеки, зараз не існує. Тому, для організації руху пасажирського маршрутного транспорту дорогою другої категорії слід розробити відповідну методику, яка буде дозволяти враховувати при проектуванні маршруту безпеку руху на підставі синтезованих характеристик дорожнього руху.

Основна частина

Дорожні умови руху в вузлах та на ділянках вулично-дорожньої мережі, через які планується або проходить відповідний маршрут руху автобусів, є однаковими, як для транспортних потоків, що рухаються по ним, так й для відповідних пасажирських маршрутних транспортних засобів. Зазначена особливість розкриває відсутність необхідності детального дослідження впливу дорожніх умов на безпеку руху пасажирського маршрутного транспорту, бо він знаходиться практично в тих же умовах, що й транспортні засоби загального транспортного потоку. Тобто вказаний вплив вже досліджений в умовах аналізу загального впливу дорожніх умов на безпеку дорожнього руху [3].

Але є дуже суттєва необхідність дослідження взаємного впливу між транспортними засобами транспортного потоку та присутніми в ньому пасажирськими маршрутними транспортними засобами.

Зараз існує наступне визначення дорожнього руху: «дорожній рух» – процес руху по дорогам транспортних засобів та учасників дорожнього руху [4, 5]. Відповідно до вказаних визначень безпека дорожнього руху не може бути об'єктом дослідження, тобто її неможливо розглядати як частину матеріального світу, що може підлягати дослідженню. Дослідженням повинен підлягати дорожній рух на предмет його безпеки. Транспортний потік – сукупність транспортних засобів, що рухаються по дорозі [4, 5].

З погляду вказаних понять, послідовний рух пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини можливо розглядати як сукупність пасажирських маршрутних транспортних засобів, що рухаються по дорозі. Таким чином, наявна можливість введення поняття транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту.

«Транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту» – сукупність пасажирського маршрутного транспорту, що рухається по дорозі. Транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту можливо розглядати в межах формування схеми маршруту. Транспортний потік маршрутного транспорту має в своєму складі досить визначений однотипний рухомий склад, який утворюється рухомим складом відповідних маршрутів, що проходять через ділянку дороги, швидкістю руху відповідних засобів, їхньою кількістю на маршруті та відповідними довжинами маршрутів.

Виокремлення вказаного транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту дозволяє синтезувати систему взаємодії трьох елементів:

- «транспортний потік»;
- «транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту»;
- «дорожні умови».

Необхідно з точки зору безпеки дорожнього руху дослідити наступні взаємодії:

- «транспортний потік» – «дорожні умови»;
- «транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту» – «дорожні умови»;
- «транспортний потік» – «транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту».

З вказаних трьох взаємодій дві перші були достатньо досліджені. Взаємодія «транспортний потік» – «транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту» є недослідженою, особливо, з погляду безпеки дорожнього руху, що буде надалі досліджено.

За геометричними, кінематичними та динамічними характеристиками пасажирські маршрутні транспортні засоби також суттєво відрізняються від транспортних засобів транспортного потоку. У своїй більшості пасажирські маршрутні транспортні засоби, це великогабаритні та тихохідні транспортні засоби, що суттєво обмежують швидкість транспортних засобів, обмежують оглядовість для відповідних водіїв, що рухають в безпосередній близькості до маршрутного транспортного засобу.

Транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту можливо описати за допомогою трьох основних характеристик транспортного потоку: швидкість, інтенсивність та щільність.

Швидкість транспортних засобів транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту наближається одна до одної та наближається до швидкості, що передбачена при розробці маршруту у паспорті маршруту та обумовлює розклад руху.

З усього складу транспортного потоку тільки пасажирські маршрутні транспортні засоби мають чітко визначену швидкість руху, й це є досить важливим аспектом формування умов безпеки руху таких транспортних засобів у транспортному потоці, де швидкість руху формується умовами організації руху та наявним транспортним потоком на відповідній ділянці дороги.

Рух маршрутних транспортних засобів із визначеними інтервалами у часі та відповідною швидкістю теоретично виключає можливість виникнення ДТП між транспортними засобами окремого маршруту, що у свою чергу вказує на досить суттєві обмеження випадків виникнення вказаних ДТП.

Якщо розглядати рух пасажирських маршрутних транспортних засобів по ділянці дороги, як відповідну сукупність транспортних засобів, можливо сформулювати послідовність визначення швидкості вказаного транспортного потоку.

У залежності від того, скільки пасажирських маршрутних транспортних засобів за відповідними маршрутами рухаються на ділянці дороги з фіксованими швидкостями, можливо розрахувати швидкість транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту за наступною формулою:

$$V_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}, \quad (1)$$

де V_m – швидкість транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту, m/c ;
 m – кількість маршрутів, що пролягають через досліджувану ділянку дороги, $од.$;
 δ_i – відсоток пасажирських маршрутних транспортних засобів i -го маршруту у загальному складі транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту, $од.$; є умова:

$$1 = \sum_{i=1}^m \delta_i, \quad (2)$$

де v_{m_i} – технічна швидкість пасажирських маршрутних транспортних засобів, що рухаються по i -тому маршруту, m/c .

Інтенсивність руху транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту є теж визначеною характеристикою за рахунок нормування інтервалу руху автобусів у часі. Інтенсивність руху можливо визначити за наступною формулою:

$$N_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}, \quad (3)$$

де N_m – інтенсивність транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту, $авт/c$;

I_i – інтервал руху пасажирських маршрутних транспортних засобів i -го маршруту в загальному складі транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту, c .

Щільність транспортного потоку маршрутного транспорту є також досить визначеною, що забезпечується наявністю відповідних маршрутів на ділянці дороги та інтервалами у часі руху маршрутних транспортних засобів по вказаній ділянці дороги за вказаними маршрутами.

Значення інтервалів руху між пасажирськими маршрутними транспортними засобами у просторі можливо розрахувати за допомогою відомих співвідношень для рівномірного руху:

$$q_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i, \quad (4)$$

де q_m – щільність транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту, *авт/м*.

Стан транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту можливо визначити з застосуванням всіх попередніх характеристик у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} N_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}, \\ V_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}, \\ q_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i. \end{cases} \quad (5)$$

Для транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту повинне виконуватися основне рівняння транспортного потоку, у якому при застосуванні двох характеристик (5) третя, розрахункова, буде мати усереднене значення та стан потоку буде оцінений у вигляді його усередненої моделі руху через перетин дороги (щільність потоку буде усереднена), або на ділянці дороги визначеної довжини (інтенсивність потоку буде усереднена):

$$\begin{cases} \bar{q}_m = \frac{N_m}{V_m}, \\ N_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}, \\ V_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}. \end{cases} \quad \begin{cases} \bar{N}_m = q_m \cdot V_m, \\ V_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}, \\ q_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i. \end{cases} \quad (6)$$

Транспортний потік на ділянці дороги, що досліджується, пропонується оцінювати за відомими характеристиками та за допомогою основного рівняння транспортного потоку відповідно до положень теорії транспортних потоків. З урахуванням сформульованих характеристик транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту (1–6) та запису середніх квадратичних відхилень можливо записати наступні співвідношення для характеристики зазначених відхилень.

Відхилення інтенсивності руху сприяє обгонам і змінам смуги руху, а також інтенсивному маневруванню. Формула записується таким чином:

$$\sigma_N^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i - V_m^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(N_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2, \quad (7)$$

де σ_N – середнє квадратичне відхилення інтенсивності транспортного потоку від інтенсивності транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту у певному перетині дороги, *авт/с*;

n – кількість спостережень значень інтенсивності руху транспортного потоку у певному перетині дороги, *од.*;

N_i – i -е значення інтенсивності руху транспортного потоку у певному перетині дороги, *авт/с*.

Відхилення швидкості руху також сприяє обгонам та змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню, обумовлює швидке зростання або скорочення дистанцій між транспортними засобами. Формула записується наступним чином:

$$\sigma_{V_n}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ni} - V_m^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_{ni} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \quad (8)$$

де σ_{V_n} – середнє квадратичне відхилення швидкості транспортного потоку від швидкості транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту у певному перетині дороги або на ділянці дороги визначеної довжини, *м/с*;

n – кількість спостережень значень швидкості руху транспортного потоку у певному перетині або на ділянці дороги визначеної довжини, *од.*;

V_{ni} – i -е значення швидкості руху транспортного потоку у певному перетині або на ділянці дороги визначеної довжини, *авт/с*.

Відхилення щільності руху також сприяє обгонам та змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню, обумовлює наявність груп транспортних засобів між послідовними пасажирськими маршрутними транспортними засобами. Формула записується наступним чином:

$$\sigma_q^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i - V_m^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(q_{ni} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i \right) \right)^2, \quad (9)$$

де σ_q – середнє квадратичне відхилення щільності транспортного потоку від щільності транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту на ділянці дороги визначеної довжини, *авт/м*.

n – кількість спостережень значень щільності руху транспортного потоку на ділянці дороги визначеної довжини, *од.*;

q_i – i -е значення щільності руху транспортного потоку на ділянці дороги визначеної довжини, *авт/с*.

Таким чином запропоновані відхилення основних характеристик транспортних потоків уособлюють загальну характеристику взаємодії вказаних раніше транспортних потоків, яка розкривається на відповідному макрорівні аналізу згідно положень теорії транспортних потоків [6]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_N^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i - V_m^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(N_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2 \\ \sigma_{V_n}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ni} - V_m^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_{ni} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2 \\ \sigma_q^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i - V_m^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(q_{ni} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i \right) \right)^2. \end{array} \right. \quad (10)$$

Висновок

Згідно проведеного аналізу та відповідного синтезу щодо загальних умов руху пасажирського маршрутного транспорту в транспортному потоці на дорогах другої категорії з'ясовано наступне:

– оскільки рух транспортного потоку на дорогах другої категорії пов'язаний зі значними швидкостями та інтенсивностями, тому безпека цього руху є одне з головних питань;

- синтезовано нове поняття «транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту»;
- сукупність пасажирських маршрутних транспортних засобів, що рухаються по дорозі;
- синтезовано систему взаємодії у дорожньому русі на дорогах другої категорії між трьома елементами: транспортний потік, транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту, дорожні умови;
- розкрито необхідність проведення досліджень безпеки руху в межах взаємодії транспортного потоку та транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту;
- синтезовано основні характеристики взаємодії транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту з транспортним потоком.

Список літератури

1. Столяров А.Л. Нові підходи щодо покращення безпеки дорожнього руху / А.Л. Столяров // Автошляховик України. – 2007. – № 6. – С. 16–18.
2. Гудков В.А. Пассажи́рские автомоби́льные перевозки / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ши́ряев. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 447 с.
3. Бабков В.Ф. Современные автомобильные магистрали / В.Ф. Бабков – [2-е изд.]. – М.: Транспорт, 1974. – 279 с.
4. ДСТУ 2935-94 Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 16 с.
5. Закон України «Про автомобільні дороги» // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2005. – № 51. – С. 556.
6. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

Рецензент: к.е.н., доц. Т.Є. Василенко, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 24.10.11
© Попов, С.Ю., Дудніков, О.М. 2011