

УДК 656.13

В.П.Поліщук, О.О.Коляда

Національний транспортний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ В УМОВАХ «ВІЛЬНОГО РУХУ» ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Розглянуто інтенсивність руху транспортних засобів. Досліджено умови руху, з погляду з'ясування ступеня взаємного впливу автомобілів на власні миттєві швидкості руху і в результаті на середні швидкості транспортних засобів.

Ключові слова: *інтенсивність руху, швидкість руху, умови вільного руху.*

Постановка проблеми. Однією з головних характеристик транспортного потоку є інтенсивність руху транспортних засобів, яка визначає умови руху на автомобільних дорогах. Досліджуючи ці умови, з погляду з'ясування ступеня взаємного впливу автомобілів на власні миттєві швидкості руху і в результаті на середні швидкості транспортних засобів по швидкісних групах і по транспортному потоку в цілому, важливо встановити граничне значення інтенсивності руху, по якій можна проводити оцінку конкретних умов руху, виходячи з його характеру – вільний або невільний.

Мета роботи. Встановлення граничної інтенсивності руху, що характеризує умови вільного руху та вирішення задачі про перевірку підпорядкування імовірності прибуття автомобілів в проміжок часу t розподілу Пуассона при різних інтенсивностях руху.

Матеріали і результати дослідження. Для одержання бажаної швидкості руху водієві швидкохідного транспортного засобу доводиться здійснювати на двосмугових дорогах маневри обгонів з виїздом на смугу зустрічного руху. Тоді, очевидно, необхідною умовою для вільного руху є можливість вдосконалення обгону у будь-який момент часу.

Розглянемо схему обгону в загальному випадку. М. Б. Афанасьєвим [3] встановлене, що шлях, пройдений транспортним засобом, що здійснює обгін по зустрічній смузі, складає :

$$S_{об} = \frac{64V_1}{V_1 - V_2}, \quad (1)$$

де $S_{об}$ – шлях обгону, м;

V_1 – швидкість руху транспортного засобу, що здійснює обгін, м/с;

V_2 – швидкість руху транспортного засобу, який обганяють, м/с.

Тоді час обгону (час руху зустрічною смугою) буде дорівнювати:

$$t_{об} = \frac{S_{об}}{V_1} = \frac{64}{V_1 - V_2} = \frac{64}{V_{відн.}}, \quad (2)$$

де $t_{об}$ – час обгону, с;

$V_{відн.}$ – відносна швидкість руху, м/с (різниця в миттєвих швидкостях руху транспортних засобів, що здійснює обгін і який обганяють).

Виразивши відносну швидкість в км/год., отримаємо остаточно:

$$t_{об} = \frac{230,4}{V_{відн.}}, \quad (3)$$

На основі підпорядкування розподілу миттєвих швидкостей руху нормальному закону розподілу прийемо, що максимальні швидкості руху транспортних засобів, що здійснює обгін і який обганяють не перевищуватимуть значень:

$$V_{i(1)(2)} = \bar{V}_i + 3\sigma_i, \quad (4)$$

де $V_{i(1)(2)}$ – миттєва швидкість руху транспортного засобу, що здійснює обгін (який обганяють) і - тої групи, км/год.;

\bar{V}_i – середня швидкість руху транспортних засобів відповідних груп, км/год.;

σ_i – середнє квадратичне відхилення миттєвих швидкостей руху у відповідних групах, км/год.

Прийнята умова правомірна з двох позицій: по-перше, при обгоні водій автомобіля, що здійснює обгін прагнучиме щонайшвидше покинути смугу зустрічного руху, розвиваючи максимально можливу швидкість руху; по-друге, автомобіль, що обганяють, також може рухатися з максимальною швидкістю руху.

Розглянемо можливі варіанти обгону, припустивши, що по швидкісних якостях всі транспортні засоби можуть бути розділені на m швидкісних груп, Тоді число можливих варіантів обгону визначиться з формули :

$$M = C_2^m = \frac{m!}{2!(m-2)!}, \quad \text{або} \quad (1.5)$$

$$M = \frac{m(m-1)}{2}.$$

Тоді розрахунковий час обгону може бути визначений як середньозважене зі всіх варіантів по залежності :

$$t_p =$$

$$(1.6)$$

де $t_{об}$ – час для обгону по j -тому варіанту;

$P_j(V_1 > V_2)$ – імовірність обгону по j -тому варіанту;

$n_{j(1)}, n_{j(2)}$ - кількість транспортних засобів , що здійснює обгін і який обганяють по j -тому варіанту;

j – кількість варіантів обгонів.

Добуток кількості транспортних засобів, що здійснюють обгін і які обігнали на імовірність обгону представляє собою не що інше, як кількість досконалих обгонів в j -тому варіанті.

У формулі (6) врахована можливість обгону по тому або іншому варіанту, виходячи зі швидкісних якостей транспортних засобів конкретної групи («імовірність обгону»), тобто «імовірність обгону» визначає імовірність того, що швидкість руху автомобіля, що здійснює обгін (1) буде більше швидкості транспортного засобу, що обганяють (2).

Імовірність обгону по j -тому варіанту може бути визначена з використанням нормованої функції Лапласа :

$$P_j(V_1 > V_2) = \Phi_0\left(\frac{V_1 - \bar{V}_1}{\sigma_1}\right) - \Phi_0\left(\frac{V_2 - \bar{V}_1}{\sigma_1}\right), \quad (7)$$

де

$$\Phi_0\left(\frac{V_1 - \bar{V}_1}{\sigma_1}\right) = \Phi_0\left(\frac{\bar{V}_1 + 3\sigma_1 - \bar{V}_1}{\sigma_1}\right) = \Phi(3) = 0,4986$$

$$\Phi_0\left(\frac{V_2 - \bar{V}_1}{\sigma_1}\right) = \Phi_0\left(\frac{\bar{V}_2 + 3\sigma_2 - \bar{V}_1}{\sigma_1}\right),$$

тоді :

$$P_j(V_1 > V_2) = 0,4986 - \Phi_0\left(\frac{V_2 - 3\sigma_2 + \bar{V}_1}{\sigma_1}\right). \quad (8)$$

У формулі (6) при визначенні розрахункового часу обгону зручніше оперувати не з абсолютними показниками кількості транспортних засобів, що здійснюють обгін і які обганяють ($n_{j(1)}, n_{j(2)}$), у варіантах обгонів, а з їх відносними показниками (полями) від годинної інтенсивності руху. Для чого використовується вираз :

$$\delta_i = \frac{n_i}{n}, \quad (9)$$

де δ_i - частка транспортних засобів i -тої швидкісної групи від годинної інтенсивності руху;

n_i - кількість транспортних засобів i -тої швидкісної групи;

n - годинна інтенсивність руху.

Для визначення граничної інтенсивності руху транспортних засобів у вільних умовах руху прийемо, що миттєві швидкості транспорту на зустрічних смугах рівні, тоді тривалість інтервалу вільного руху з урахуванням можливості здійснення обгонів визначається :

$$\theta_0 = 2 t_p .$$

Верхня ж межа інтенсивності руху у поперечному перерізі складе :

$$n_T = .$$

Для перевірки набутого значення верхньої межі інтенсивності вільного руху транспортний потік розглядався як потік випадкових подій, які реєструються в порядку їх надходження до наміченого на дорозі створу, тобто як випадковий процес Пуассона, що задовольняє чотирьом припущенням:

1. Однорідності процесу, що припускає імовірність прибуття ($K=0,1,2,3.$) і так далі автомобілів до наміченого створу в залежності тільки від довжини вибраного проміжку часу t , але без обліку початкового відліку часу t .

2. Однорідності потоку, що позначає неможливість поєднання прибуття двох або більшого числа автомобілів в дуже малому проміжку часу.

3. Імовірність того, що подія наступить рівно один раз в дуже малому проміжку часу t , приблизно пропорційна величині часового проміжку t .

4. Відсутності наслідку, що представляє імовірність і незалежність між собою числа прибуття автомобілів в інших послідовних і таких, що не перекриваються з тим, що розглядається, проміжку часу.

На основі задоволення припущенням 1 – 4 для будь-яких процесів в теорії імовірності показується, що число появи подій в якому – не будь проміжку часу довжини t розподіляється за законом Пуассона з параметром (математичним очікуванням), рівним λt .

У зв'язку з цим стосовно руху транспортних потоків можна записати :

$$\omega_k(t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^k}{k!} , \quad (1.10)$$

де $\omega_k(t)$ - імовірність появи до автомобілів у проміжок часу t ;

e - основа натуральних логарифмів;

k - число автомобілів в проміжку часу t ;

λt - математичне очікування появи автомобілів в проміжку часу t ;

Стосовно руху транспортних потоків припущення 1 – 3 виконується як при низьких, так і при високих інтенсивностях руху для ідентичного періоду спостережень, іншими словами за вільних і невільних умов руху. Що ж до припущення 4, то воно може виконуватися в умовах вільного руху транспортних засобів і не виконуватися при невільному русі.

Таким чином, встановлення граничної інтенсивності руху, що характеризує умови вільного руху, зводиться до вирішення задачі про перевірку підпорядкування імовірності прибуття автомобілів в проміжок часу t розподілу Пуассона при різних інтенсивностях руху. Якщо таке підпорядкування виконується, то можна говорити про незалежність один від одного числа прибуття транспортних засобів в послідовні часові проміжки t , що не перекриваються, тобто у вільному характері руху.

Відповідність (невідповідність) прибуття транспортних засобів до наміченого на дорозі створу розподілу Пуассона може бути оцінена величиною імовірності згоди якого – не будь із статистичних критеріїв, наприклад, критерію Пірсона $P(\chi^2)$.

Між імовірністю згоди критерію Пірсона і годинної інтенсивності руху транспортних засобів можна припустити наявність кореляційного зв'язку вигляду:

$$P(\chi^2) = a b^n , \quad (1.11)$$

де a, b – параметри;

n – інтенсивність руху, авт/год.

Висновок. Якщо визначеному по викладеній методиці значенню інтенсивності руху відповідає величина критерію згоди, яка перевищує зазвичай вживаний рівень значущості $q = 0,05$, то прибуття транспортних засобів підкоряється розподілу Пуассона, тобто прибуття автомобілів є незалежним процесом, а рух транспортних засобів носить вільний характер.

- України, 2007 – Кн.4: Організація дорожнього руху /Е.В. Гаврілов, М.Ф. Дмитріченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, В.П. Поліщук – 452 с.
2. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник/за заг. ред. В.П. Поліщука – К.: Знання України, 2011. – 467 с.
 3. Афанасьев М.Б. Водителю о дорожном движении. М., ДОСААФ СССР, 1977, 158с.
 4. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху / В.П. Поліщук, Н.Т. Кунда. – К.: ІЗИН, 1998. – 132 с.
 5. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху: навч. Посіб. / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.