

Р. О. Лапутин, канд. техн. наук доцент

Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ

«Донецький національний технічний університет», м. Горлівка

ОЦІНКА ПОТОЧНОЇ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ НА ОДНОМУ РІВНІ ПРИ РОЗОСЕРЕДЖЕНОМУ РОЗТАШУВАННІ КОНФЛІКТНИХ ТОЧОК

Розглянуто наукову задачу оцінки та підвищення поточної безпеки руху на нерегульованих перехрестях на одному рівні при розосередженому розташуванні конфліктних точок. Розроблено теоретичні основи оцінки поточної безпеки руху на площі та підходах нерегульованого перехрестя за відповідними кількісними характеристиками.

Ключові слова: перехрестя, засіб транспортний, точка конфліктна, безпека руху

Постановка наукової проблеми та задачі, що вирішується

На сьогоднішній день показники безпеки руху та наслідки від дорожньо-транспортних пригод (ДТП) в Україні є найгіршими в Європі [1]. За дослідженнями [2] близько 75 % ДТП у містах країни сконцентровані на перехрестях на одному рівні, у зв'язку з чим, указані місця вулично-дорожньої мережі є найнебезпечнішими. Це викликано, насамперед, наявністю взаємодій конфліктних транспортних потоків (ТП) на площі та підходах перехрестя, процес яких в достатній мірі не досліджено, що розкриває загальну наукову проблему оцінки та підвищення безпеки руху на перехрестях на одному рівні.

Сучасні методи організації дорожнього руху (ОДР), такі як реконструкція нерегульованого перехрестя до саморегульованого та введення світлофорного регулювання, дозволяють знизити кількість ДТП відповідно на 17 % та 30 % [3]. Отже, видно, що зазначені методи ОДР не вирішують повністю питання з підвищення безпеки руху на перехрестях на одному рівні через те, що вони не розраховані на мінливість дорожньо-транспортної ситуації (ДТС) у часі, яка пов'язана з нестационарністю транспортних потоків, тому, удосконалення методів оцінки та підвищення безпеки руху транспортних засобів (ТЗ) на перехрестях на одному рівні із застосуванням оперативного управління транспортними потоками є неминучою необхідністю.

Аналіз останніх досліджень

У дослідженнях вітчизняних та іноземних вчених спостерігаються різні підходи щодо кількісної оцінки безпеки руху (БР) на перехрестях на одному рівні. На сьогоднішній день використовують два методи оцінки БР на перехрестях: метод бальної оцінки складності перехрестя, метод оцінки ступеня небезпеки перехрестя за допомогою визначення відносної аварійності конфліктних точок на ньому.

У першому методі безпека руху оцінюється в залежності від напрямку та інтенсивності руху транспортних потоків, які взаємодіють у конфліктних точках, а також від відстані між конфліктними точками, їх кількості та виду взаємодії потоків у цих точках (конфліктні точки розгалуження (P), злиття (Z), пересічення під гострим (Π_g), тупим (Π_m) та прямим (Π_n) кутами) [4]. У залежності від цих характеристик російськими вченими А. Є. Страментовим і М. С. Фішельсоном було розроблено методіку п'ятибальної системи оцінки складності перехрестя доріг за показником складності M , яка виходить із того, що конфліктна точка розгалуження оцінюється одним умовним балом, злиття – трьома й пересічення – п'ятьма балами [4]:

© Лапутин Р. О., 2012

$$M = n_p \cdot \sigma_{Np} + 3 \cdot n_z \cdot \sigma_{Nz} + 5 \cdot n_{II} \cdot \sigma_{NII}, \quad (1)$$

де n_p , n_z , n_{II} – кількість конфліктних точок відповідно розгалуження, злиття та пересічення;

σ_N – показник інтенсивності у відповідних конфліктних точках [4]:

$$\sigma_N = 0,01 \cdot (N_1 + N_2), \quad (2)$$

де N_1 , N_2 – інтенсивність за напрямками в конфліктних точках у фізичних одиницях.

У свою чергу, німецьким вченим Г. А. Раппопортом було запропоновано методіку оцінки конфліктних точок у балах, яка дає можливість оцінити відносну ступінь небезпеки кожної конфліктної точки та перехрестя доріг у цілому [5]:

$$Q_{OII} = \sum_{i=1}^n \sigma \cdot \beta \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

де Q_{OII} – ступінь небезпеки перехрестя доріг;

σ – ступінь небезпеки конфліктних точок у балах;

β – коефіцієнт напруженості в конфліктній точці:

$$\beta = M \cdot N, \quad (4)$$

де M , N – інтенсивності руху за напрямками в конфліктній точці.

Метод оцінки ступеня небезпеки перехрестя за допомогою визначення відносної аварійності конфліктних точок на ньому, розроблений на підставі аналізу даних статистики дорожньо-транспортних пригод 1950–1960 рр. ХХ-го століття. Безпека руху, на підставі цього методу, також оцінюється по небезпеці конфліктних точок, але ця небезпека виражається не в умовних балах, а розраховується з використанням величин відносної аварійності. Небезпека кожної конфліктної точки q_i та загальна небезпека перехрестя G визначаються за наступними формулами [6]:

$$q_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7}; \quad (5)$$

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (6)$$

де K_i – величина відносної аварійності конфліктної точки;

M_i , N_i – інтенсивності транспортних потоків у конфліктній точці;

K_2 – коефіцієнт річної нерівномірності руху;

n – кількість конфліктних точок на перехресті.

Зазначені методи оцінки безпеки руху на перехрестях на одному рівні оперують сталими та усередненими характеристиками транспортних потоків, і не враховують коливання інтенсивності ТП, які призводять до якісно різних ДТС, що виникають на перехресті. До того ж, указані методи не враховують дуже важливу особливість, а саме те, що ДТП виникає в конкретний час, в який формуються поточні умови руху, що призвели до його виникнення. Звідси постає наукова задача з подальшого дослідження безпеки руху на перехрестях на одному рівні за поточними кількісними характеристиками безпеки руху транспортних засобів.

У роботі [7] запропоновано поняття поточної безпеки руху транспортних засобів та відповідні кількісні характеристики її оцінки на підходах та площі нерегульованого перехрестя на одному рівні при зосередженому розташуванні конфліктних точок. Зазначені ха-

рактистику надають можливість оперативного підвищення безпеки руху на перехресті на одному рівні.

Скупчення конфліктних точок відносно одна одної, при зосередженому їх розташуванні, формує єдину область взаємодії конфліктних транспортних потоків на площі перехрестя, що обумовлює підвищення кількості дорожньо-транспортних пригод на перехресті у 2 рази в порівнянні з розосередженим розташуванням. При розосередженому розташуванні конфліктних точок площа перехрестя відносно габаритних розмірів транспортних засобів, що роз'їжджаються, достатньо велика й конфлікти між ТЗ відбуваються не на площі перехрестя в цілому, а в межах окремих конфліктних точок, при цьому швидкості руху ТЗ, що конфліктують, достатньо великі, що призводить до збільшення тяжкості ДТП на вказаних перехрестях.

Формування поточної безпеки руху на площі перехрестя на одному рівні, при наведених вище умовах, якісно відрізняється через те, що розташування конфліктних точок якісно впливає на процес конфліктування між транспортними засобами, тому, кількісні характеристики оцінки поточної безпеки руху на перехрестях на одному рівні при розосередженому розташуванні конфліктних точок повинні якісно відрізнитися від розроблених у роботі [7].

Мета роботи

Метою роботи є розробка відповідних кількісних характеристик оцінки поточної безпеки руху на підходах та площі нерегульованого перехрестя при розосередженому розташуванні конфліктних точок.

Основна частина

Дорожньо-транспортну пригоду на перехресті при розосередженому розташуванні конфліктних точок будемо розглядати як процес, першим етапом якого є поява на підходах перехрестя пари транспортних засобів із відповідних конфліктних (основного та другорядного) транспортних потоків, що рухаються за умови сумісного потрапляння в зону впливу конфліктної точки, траєкторії руху яких у ній пересікаються. Зазначене є необхідною умовою виникнення ДТП на перехресті при розосередженому розташуванні конфліктних точок.

Пару конфліктних транспортних засобів, які рухаються на підходах перехрестя при наявності вказаної умови, будемо вважати транспортними засобами, що взаємодіють на перехресті. Тобто, наявність одного транспортного засобу на перехресті накладає обмеження на кінематичні характеристики іншого – конфліктного.

У випадку розосередженого розташування взаємодія між транспортними засобами відбувається безпосередньо в межах конфліктних точок. У роботі [8] запропоновано конфліктні точки розділити на пасивні та активні. Перші повністю відповідають класичній конфліктній точці та визначають максимальну кількість парних взаємодій транспортних засобів на площі перехрестя. Пасивна конфліктна точка (ПКТ) активується в разі наявності в зонах впливу пасивної точки конфліктної пари транспортних засобів, траєкторії руху яких у ній пересікаються, тобто в активній точці спостерігається конфлікт транспортних засобів. Зона впливу пасивної конфліктної точки кількісно дорівнює зупиночному шляху транспортного засобу, що до неї наближається.

Отже, зміна активних конфліктних точок (АкКТ) за часом формує поточну безпеку руху транспортних засобів на перехресті на одному рівні при розосередженому їх розташуванні. Відстеження попарних взаємодій транспортних засобів (наявність АкКТ) при розосередженому розташуванні конфліктних точок у поточний момент часу та їх своєчасна ліквідація дозволить запобігати виникненню ДТП (зіткнень), що розкриває сенс підвищення безпеки руху на перехрестях на одному рівні в режимі реального часу. Для вирішення пос-

тавленої задачі необхідна розробка відповідних кількісних характеристик оцінки поточної безпеки руху на підходах та площі нерегульованого перехрестя.

Кількісна характеристика оцінки поточної безпеки руху на підходах перехрестя при розосередженому розташуванні конфліктних точок

Кількісно оцінити сумісне потрапляння транспортних засобів у зони впливу ПКТ можливо за допомогою різниці вхідного часу транспортних засобів у вказані зони. Під вхідним часом будемо розуміти астрономічний час проїзду транспортним засобом фіксованого перерізу проїзної частини вулиці (початок зони впливу ПКТ).

Різниці вхідного часу конфліктних транспортних засобів на початку зони впливу ПКТ, значення яких коливається від 0 до граничного, будемо називати кількісною характеристикою оцінки поточної безпеки руху на підходах перехрестя на одному рівні при розосередженому розташуванні конфліктних точок та позначати $\beta(t)^p$. З математичної точки зору зазначена характеристика являє собою вектор, компонентами якого є різниці вхідного часу, нижчі граничного значення, що спостерігаються під час дослідження t :

$$\begin{cases} \beta(t)_{i,j}^p = \left\{ \Delta t_{e_{i,j}}^{p1}; \Delta t_{e_{i,j}}^{p2}; \dots; \Delta t_{e_{i,j}}^{pk}; \dots; \Delta t_{e_{i,j}}^{pn} \right\}; \\ \Delta t_{e_{i,j}}^{pk} \leq \Delta t_{e_{i,j}}^{p_{ep}}, k = 1, 2, \dots, n, \end{cases} \quad (7)$$

де $\beta(t)_{i,j}^p$ – кількісна характеристика оцінки поточної безпеки руху на підходах перехрестя на одному рівні при розосередженому розташуванні конфліктних точок для i -ї та j -ї траєкторії руху конфліктних транспортних засобів, що пересікають в ПКТ;

$\Delta t_{e_{i,j}}^{pk}$ – k -а різниця вхідного часу в межах часу t між транспортними засобами;

n – кількість різниць вхідного часу, що нижчі граничного значення $\Delta t_{e_{i,j}}^{p_{ep}}$, яке спостерігається для певної ПКТ за час t .

У загальному випадку для ПКТ, в якій пересікаються траєкторії руху транспортних засобів відповідно i -го головного напрямку та j -го другорядного напрямку, різниця вхідного часу має вигляд:

$$\Delta t_{e_{i,j}}^p = |t_i^p - t_j^p| = \left| \int_{l_{0i}}^{l_i} \frac{1}{V_i(l)} dl - \int_{l_{0j}}^{l_j} \frac{1}{V_j(l)} dl \right|, \quad (8)$$

де $\Delta t_{e_{i,j}}^p$ – різниця вхідного часу між конфліктними транспортними засобами відповідно i -го головного та j -го другорядного напрямків при розосередженому розташуванні конфліктних точок;

t_i^p, t_j^p – час руху конфліктних транспортних засобів на фіксованій відстані l_i та l_j відповідно i -го головного та j -го другорядного напрямків;

$V_i(l), V_j(l)$ – швидкості руху конфліктних транспортних засобів відповідно на i -му головному та j -му другорядному напрямках, як функція шляху.

За фіксовані відстані l_i та l_j прийемо довжину підходів, що є відстанню від місця встановлення детектора транспорту, за допомогою якого будемо фіксувати моменти появи конфліктного транспортного засобу з початковою швидкістю руху, до відповідної ПКТ.

Водії транспортних засобів, при наявності конфліктних ТЗ, починають знижувати швидкість руху перед конфліктною точкою, у межах якої може виникнути конфліктна ситуація. За відстань, на якій транспортні засоби починають знижувати швидкість руху перед

конфліктною точкою l_y , прийнемо зони впливу В. Ф. Бабкова [9], які дорівнюють для пересічення та примикання в населених пунктах відповідно 40 м та 25 м, через те, що саме уповільнення транспортних засобів призводить до появи ДТП у вигляді попутних зіткнень на підходах перехрестя.

Зона впливу ПКТ не є фіксованою через те, що вона залежить від швидкості руху відповідного транспортного засобу. У такому разі, для розрахунку часу руху транспортного засобу від місця встановлення детектора транспорту до початку зони впливу ПКТ, як по головному так і другорядному напрямках, будемо розглядати два випадки: довжина зони впливу ПКТ S_3 більша або дорівнює відстані уповільнення l_y відповідного транспортного засобу; довжина зони впливу ПКТ S_3 менша ніж відстань уповільнення l_y відповідного транспортного засобу.

Графічні моделі прибуття конфліктних транспортних засобів до ПКТ за умовами $S_3 \geq l_y$ та $S_3 < l_y$ відповідно зображені на рисунку 1 та рисунку 2.

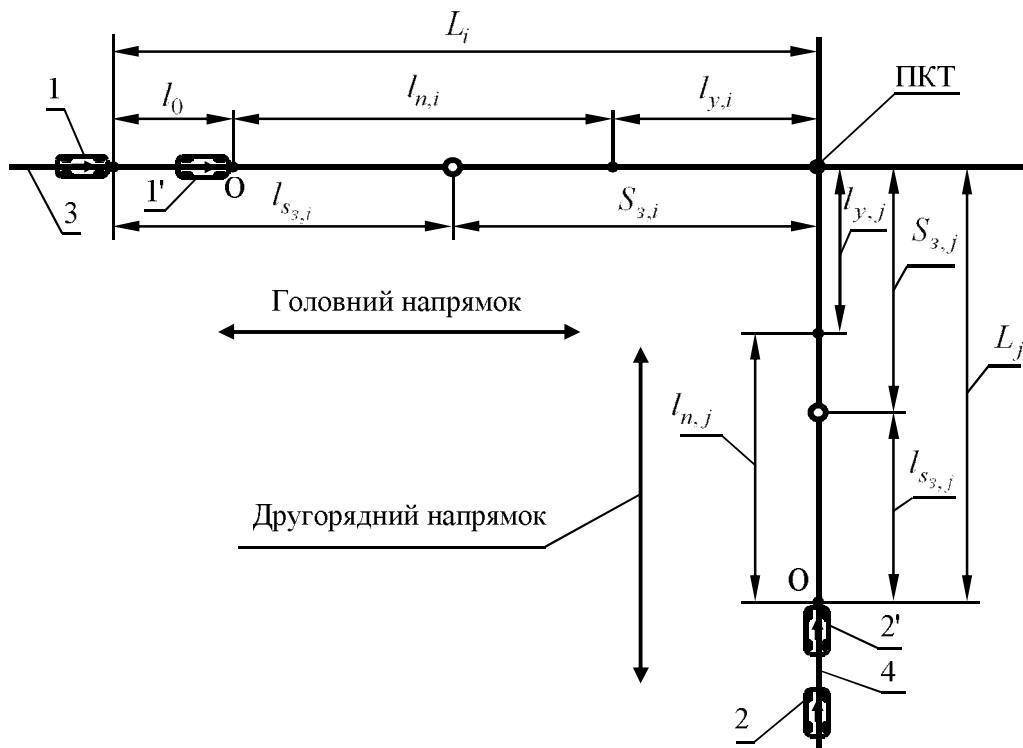


Рисунок 1 – Графічна модель прибуття конфліктних транспортних засобів до ПКТ при $S_3 \geq l_y$:

1, 2 – транспортні засоби відповідно основного та другорядного транспортних потоків;
 1', 2' – транспортні засоби відповідно основного та другорядного транспортних потоків, що взаємодіють (утворилась конфліктна пара); 3, 4 – траєкторії руху транспортних потоків;
 L_i, L_j – умовна довжина підходу відповідно i -го головного та j -го другорядного напрямків;
 $S_{3,i}, S_{3,j}$ – довжина зони впливу ПКТ відповідно для транспортних засобів 1 та 2;
 $l_{s3,i}, l_{s3,j}$ – відстань від місця встановлення детектора транспорту до початку зони впливу ПКТ відповідно i -го головного та j -го другорядного напрямків; $l_{y,i}, l_{y,j}$ – частина підходу, на якій транспортний засіб рухається з уповільненням відповідно по головному та другорядному напрямках; $l_{n,i}, l_{n,j}$ – частина підходу, на якій транспортний засіб рухається з постійною швидкістю відповідно по головному та другорядному напрямках

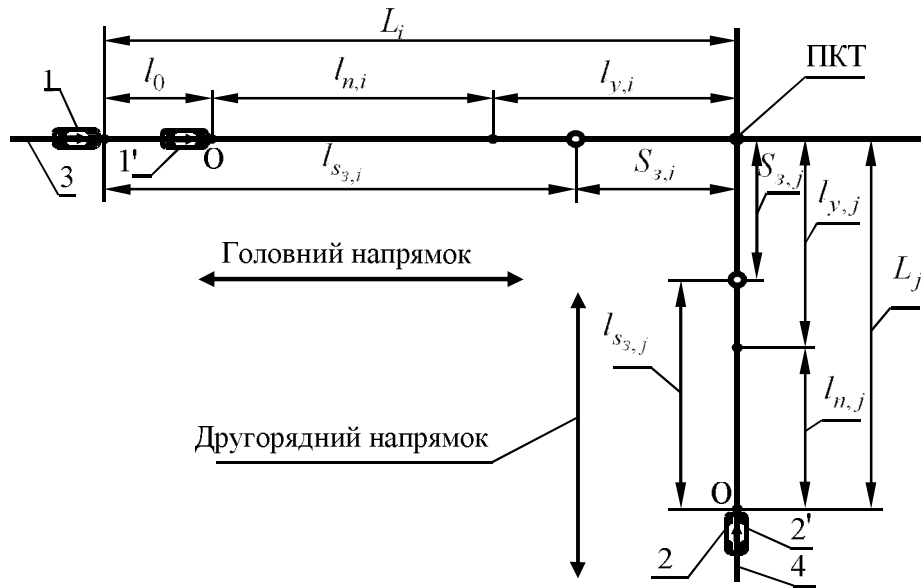


Рисунок 2 – Графічна модель прибуття конфліктних транспортних засобів до ПКТ, при $S_3 < l_y$

Отже, під час руху конфліктних транспортних засобів до ПКТ можливе виникнення чотирьох умов прибуття у зв'язку з порівнянням S_3 та l_y . Для кожної умови, з використанням відомих залежностей кінематики руху одиночного транспортного засобу [10], формалізовані різниці вхідного часу $\Delta t_{6i,j}^p$:

$$\Delta t_{6i,j}^p = \frac{L_i - S_{3,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} - \frac{L_j - S_{3,j}}{V_{0,j}}, \text{ при } S_{3,i} \geq l_{y,i}, S_{3,j} \geq l_{y,j}; \quad (9)$$

$$\Delta t_{6i,j}^p = \frac{L_i - l_{y,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} + \frac{1}{j_{y,i}} \times$$

$$\times \left(V_{0,i} - \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot j_{y,i} \cdot (l_{y,i} - S_{3,i})} \right) - \frac{L_j - S_{3,j}}{V_{0,j}}, \text{ при } S_{3,i} < l_{y,i}, S_{3,j} \geq l_{y,j}; \quad (10)$$

$$\Delta t_{6i,j}^p = \frac{L_i - S_{3,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} - \frac{L_j - l_{y,j}}{V_{0,j}} -$$

$$- \frac{1}{j_{y,j}} \cdot \left(V_{0,j} - \sqrt{V_{0,j}^2 - 2 \cdot j_{y,j} \cdot (l_{y,j} - S_{3,j})} \right), \text{ при } S_{3,i} \geq l_{y,i}, S_{3,j} < l_{y,j}; \quad (11)$$

$$\Delta t_{6i,j}^p = \frac{L_i - l_{y,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} + \frac{1}{j_{y,i}} \times$$

$$\times \left(V_{0,i} - \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot j_{y,i} \cdot (l_{y,i} - S_{3,i})} \right) - \frac{L_j - l_{y,j}}{V_{0,j}} -$$

$$- \frac{1}{j_{y,j}} \cdot \left(V_{0,j} - \sqrt{V_{0,j}^2 - 2 \cdot j_{y,j} \cdot (l_{y,j} - S_{3,j})} \right), \text{ при } S_{3,i} < l_{y,i}, S_{3,j} < l_{y,j}; \quad (12)$$

де $V_{0,i}$, $V_{0,j}$ – початкова швидкість транспортних засобів відповідно на i -му головному та j -му другорядному напрямках;

t_1, t_2 – моменти часу фіксування детекторами транспорту появи транспортних засобів на підходах відповідно головного та другорядного напрямків (фактичний вхідний час);

$J_{y,i}$ – уповільнення транспортних засобів на підходах перехрестя головного напрямку;

$J_{y,j}$ – уповільнення транспортних засобів на підходах перехрестя другорядного напрямку.

Під граничним значенням різниці вхідного часу при розосередженому розташуванні конфліктних точок будемо розуміти час, який необхідний для проїзду транспортним засобом i -го головного напрямку зони впливу ПКТ без виникнення конфліктної ситуації, тобто до того моменту часу, коли транспортний засіб j -го другорядного напрямку потрапить у зону впливу вказаної ПКТ для свого напрямку руху. Час проїзду зони впливу ПКТ кількісно дорівнює часу існування конфлікту:

$$t_k = t_p + t_a + \frac{V}{2g(i + f + \varphi_1)}, \quad (13)$$

де t_p – час реакції водія;

t_a – час руху транспортного засобу на відстані, яка дорівнює його габаритній довжині;

V – швидкість руху транспортного засобу;

g – прискорення вільного падіння;

i – величина поздовжнього уклону;

f – коефіцієнт опору коченню;

φ_1 – коефіцієнт поздовжнього зчеплення.

Отже, кількісна характеристика оцінки поточної безпеки руху на підходах перехрестя на одному рівні при розосередженому розташуванні конфліктних точок набуває остаточного вигляду:

$$\left\{ \begin{aligned} \beta(t)_{i,j}^p &= \left\{ \Delta t_{\theta_{i,j}}^{p1}; \Delta t_{\theta_{i,j}}^{p2}; \dots; \Delta t_{\theta_{i,j}}^{pk}; \dots; \Delta t_{\theta_{i,j}}^{pn} \right\}; \\ \Delta t_{\theta_{i,j}}^{pk} &= \frac{L_i - S_{3,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} - \frac{L_j - S_{3,j}}{V_{0,j}}, \text{ при } S_{3,i} \geq l_{y,i}, S_{3,j} \geq l_{y,j}; \\ \Delta t_{\theta_{i,j}}^{pk} &= \frac{L_i - l_{y,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} + \frac{1}{J_{y,i}} \times \\ &\times \left(V_{0,i} - \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot J_{y,i} \cdot (l_{y,i} - S_{3,i})} \right) - \frac{L_j - S_{3,j}}{V_{0,j}}, \text{ при } S_{3,i} < l_{y,i}, S_{3,j} \geq l_{y,j}; \\ \Delta t_{\theta_{i,j}}^{pk} &= \frac{L_i - S_{3,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} - \frac{L_j - l_{y,j}}{V_{0,j}} - \\ &- \frac{1}{J_{y,j}} \cdot \left(V_{0,j} - \sqrt{V_{0,j}^2 - 2 \cdot J_{y,j} \cdot (l_{y,j} - S_{3,j})} \right), \text{ при } S_{3,i} \geq l_{y,i}, S_{3,j} < l_{y,j}; \\ \Delta t_{\theta_{i,j}}^{pk} &= \frac{L_i - l_{y,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} + \frac{1}{J_{y,i}} \times \\ &\times \left(V_{0,i} - \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot J_{y,i} \cdot (l_{y,i} - S_{3,i})} \right) - \frac{L_j - l_{y,j}}{V_{0,j}} - \\ &- \frac{1}{J_{y,j}} \cdot \left(V_{0,j} - \sqrt{V_{0,j}^2 - 2 \cdot J_{y,j} \cdot (l_{y,j} - S_{3,j})} \right), \text{ при } S_{3,i} < l_{y,i}, S_{3,j} < l_{y,j}; \\ \Delta t_{\theta_{i,j}}^{pk} &\leq \Delta t_{\theta_{i,j}}^{p2p} = t_p + t_a + \frac{V_{0,i}}{2 \cdot g \cdot (f \pm i + \varphi_1)}, \end{aligned} \right. \quad (14)$$

де $S_{3,i}$, $S_{3,j}$ – довжина зони впливу ПКТ відповідно для транспортного засобу i -го головного та j -го другорядного напрямків:

$$S_{3,i} = t_{p,i} \cdot V_{0,i} + \frac{V_{0,i}^2}{2 \cdot g \cdot (f \pm i + \varphi_1)}; \quad (15)$$

$$S_{3,j} = t_{p,j} \cdot V_{0,j} + \frac{V_{0,j}^2}{2 \cdot g \cdot (f \pm i + \varphi_1)}, \quad (16)$$

де $t_{p,i}$, $t_{p,j}$ – час реакції водія транспортного засобу відповідно i -го головного та j -го другорядного напрямків.

Підвищення безпеки руху транспортних засобів на підходах перехрестя на одному рівні в режимі реального часу буде полягати в поточному визначенні запропонованої характеристики безпеки руху на підходах та за допомогою керуючого впливу (обмеження швидкості руху) на транспортні засоби головного та другорядного напрямків змінювати її до значення, яке буде відповідати безпечному роз'їзду ТЗ на площі перехрестя.

Кількісна характеристика оцінки поточної безпеки руху на площі перехрестя при розосередженому розташуванні конфліктних точок

Взаємодія транспортних засобів на площі перехрестя при розосередженому розташуванні конфліктних точок відбувається в межах певної конфліктної точки за умовою, що вказані транспортні засоби створюють собою конфліктну пару. Зміна вказаних попарних взаємодій за часом формує поточну безпеку руху на площі перехрестя при розосередженому розташуванні конфліктних точок. Кількісно оцінити вказану безпеку руху можливо за допомогою поточного коефіцієнта конфліктності (ПКК) перехрестя, що був запропонований у [7], який розраховується для випадку розосередженого розташування, як відношення поточної кількості активних конфліктних точок до кількості пасивних конфліктних точок:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha(t)_p = \frac{(\lambda(t_0) + \lambda^+(t) - \lambda^-(t)) \cdot \left(\sum_{i=1}^{k_n} S_{n,i} + \sum_{i=1}^{k_3} S_{3,i} + \sum_{i=1}^{k_p} S_{p,i} \right)}{K \cdot S_{np} \cdot n_{ПКТ}}; \\ \alpha_p^{zp} = \frac{\lambda_{k,\min}}{K \cdot n_{ПКТ}}, \end{array} \right. \quad (17)$$

де $\alpha(t)_p$ – поточний коефіцієнт конфліктності перехрестя при розосередженому розташуванні конфліктних точок;

$n_{ПКТ}$ – кількість пасивних конфліктних точок;

K – кількість транспортних засобів, що виконують маневри роз'їзду в конфліктній точці (зазвичай конфліктні точки передбачають пересічення двох траєкторій руху, тобто кількість транспортних засобів дорівнює 2);

$\lambda(t_0)$ – початкова поточна кількість транспортних засобів на площі перехрестя;

$\lambda^+(t)$ – кількість транспортних засобів, що в'їхали на площу перехрестя за час t ;

$\lambda^-(t)$ – кількість транспортних засобів, що виїхали з площі перехрестя за час t ;

S_{np} , $S_{3,i}$, $S_{p,i}$ – площі конфліктних областей відповідно пересічення, злиття та розгалуження смуг руху транспортних засобів;

k_n, k_3, k_p – кількість конфліктних точок відповідно пересічення, злиття та розгалуження ймовірних траєкторій транспортного потоку на перехресті на одному рівні;

S_{np} – загальна площа поїзної частини перехрестя на одному рівні;

α_p^{2p} – граничне значення коефіцієнта конфліктності перехрестя при розосередженому розташуванні конфліктних точок (пропонується знаходити шляхом аналізу статистичних даних про ПМК та кількість ДТП на площі певного перехрестя, граничним значенням ПМК буде те, при якому спостерігається мінімальне значення ДТП);

$\lambda_{k, \min}$ – мінімально необхідна кількість транспортних засобів для виникнення ДТП на площі перехрестя у відповідних дорожньо-транспортних умовах руху (знаходиться емпірично).

Якщо $\alpha(t)_p > \alpha_p^{2p}$, то підвищення безпеки руху транспортних засобів на площі перехрестя буде полягати в обмеженні швидкості руху транспортних засобів на підходах головного напрямку з метою формування необхідного розриву в основному транспортному потоці для безпечного роз'їзду транспортних засобів другорядного напрямку.

Висновки

Таким чином, у роботі розроблено кількісні характеристики оцінки поточної безпеки руху транспортних засобів на підходах та площі нерегульованого перехрестя на одному рівні при розосередженому розташуванні конфліктних точок. Зазначені характеристики надають можливість оперативного підвищення безпеки руху на підходах та площі перехрестя.

До перспективи подальших досліджень слід віднести:

1) розробку методики експериментальних досліджень граничних значень поточного коефіцієнта конфліктності;

2) розробку, на підставі вказаних характеристик, критеріїв та системи управління поточною безпекою руху на перехрестях на одному рівні при розосередженому розташуванні конфліктних точок.

Список літератури

1. Редзюк А. М. Концепція державної програми підвищення безпеки дорожнього руху / А. М. Редзюк // Автошляховик України, окремий випуск. – 2007. – № 10. – С. 3–8.
Redzyuk A. M. Kontseptsiya derzhavnoi programy pidvyshchennya bezpeky dorozhnyogo rukhu (The concept of state program on road traffic safety improvement) / A. M. Redzyuk // Avtoshlyakhovyk Ukrainy, okremiy vypusk. – 2007. – № 10. – S. 3–8.
2. Полозенко П. М. Комплексна оцінка режимів світлофорного регулювання на перехрестях: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / П. М. Полозенко. – К., 1999. – 136 с.
Polozenko P. M. Kompleksna otsinka rezhymiv svitlofornogo reguluvannya na perekhrestyakh: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.01 (The complex assessment of traffic signal control mode on crossings) / P. M. Polozenko. – K., 1999. – 136 s.
3. Эльвик Р. Справочник по безопасности дорожного движения / Р. Эльвик, А. Б. Мюсен, Т. Ваа; пер. с норв.; под ред. проф. В. В. Сильянова. – М.: МАДИ (ГТУ), 2001. – 754 с.
Elvik R. Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya (Traffic safety reference book) / R. Elvik, A. B. Myusen, T. Vaa; per. s norv.; pod red. prof. V. V. Silyanova. – M.: MADI (GTU), 2001. – 754 s.
4. Фишельсон М. С. Городские пути сообщения / М. С. Фишельсон. – М.: Высшая школа, 1983. – 207 с.
Fishelson M. S. Gorodskie puti soobsheniya (City routes of communication) / M. S. Fishelson. – M.: Vysshaya shkola, 1983. – 207 s.
5. Карась Ю. В. Транспортные потоки и безопасность движения на автомобильных дорогах / Ю. В. Карась. – Казань: КХТИ, 1987. – 80 с.
Karas Yu. V. Transportnyye potoki i bezopasnost dvizheniya na avtomobilnykh dorogakh (Traffic flow and its safety) / Yu. V. Karas. – Kazan: KKHTI, 1987. – 80 s.
6. Лобанов Е. М. Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог / Е. М. Лобанов, В. М. Визгалов, А. П. Шевяков. – М.: Транспорт, 1972. – 232 с.

Lobanov Ye. M. Proektirovaniye i izyskaniya peresecheniy avtomobilnykh dorog (Automobile crossroads design and location survey) / Ye. M. Lobanov, V. M. Vizgalov, A. P. Shevyakov. – M.: Transport, 1972. – 232 s.

7. Лапутин Р. О. Оцінка поточної безпеки руху на перехрестях на одному рівні в режимі реального часу при зосередженому розташуванні конфліктних точок / Р. О. Лапутин, А. М. Редзюк // Автошляховик України. – 2012. – № 5. – С. 16–18.

Laputin R. O. Otsinka potочноi bezpeky rukhu na perekhrestyakh na odnomu rivni v rezhymi realnogo chasu pry zoseredzhenomu rozstahuvanni konfliktnykh tochok (The assessment of the floating traffic safety on crossroads on a level in a real-time mode at conflict points focal location) / R. O. Laputin, A. M. Redzyuk // Avtoshlyakhovyk Ukrainy. – 2012. – № 5. – S. 16–18.

8. Лапутин Р. О. Процес формування аварійності в конфліктних точках перехресть доріг в одному рівні / Р. О. Лапутин, О. М. Дудніков // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2006. – Вип. 11. – С. 294–296.

Laputin R. O. Protse formuvannya avariynosti v konfliktnykh tochkakh perekhrest dorog v odnomu rivni (The process of formation of crash rate in conflict points of crossings at a level) / R. O. Laputin, O. M. Dudnikov // Visnyk Natsionalnogo transportnogo universytetu. – K.: NTU, 2006. – Vyp. 11. – S. 294–296.

9. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

Babkov V. F. Dorozhnyye usloviya i bezopasnost dvizheniya (Road conditions and traffic safety) / V. F. Babkov. – M.: Transport, 1993. – 271 s.

10. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.

Polishchuk V. P. Teoriya transportnogo potoku: metody ta modeli organisatsii dorozhnyogo rukhu (The traffic flow theory: methods and model of traffic management) / V. P. Polishchuk, O. P. Dzyuba. – K.: Znannya Ukrainy, 2008. – 175 s.

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Т. Є. Василенко, АДІ ДонНТУ.

Стаття надійшла до редакції 15.12.12

Р. А. Лапутин

Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ

«Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Оценка текущей безопасности движения на перекрестках на одном уровне при рассредоточенном расположении конфликтных точек

В работе рассмотрена научная задача оценки и повышения текущей безопасности движения на нерегулируемых перекрестках на одном уровне при рассредоточенном расположении конфликтных точек. Разработаны теоретические основы оценки текущей безопасности движения на площади и подходах указанного перекрестка. Сформулированы и формализованы соответствующие количественные характеристики оценки поточной безопасности движения на подходах и площади нерегулируемого перекрестка при рассредоточенном расположении конфликтных точек.

PEREKRESTOK, SREDSTVO TRANSPORTNOE, TOCHKA KONFLIKTNAJA, BEZOPASNOSTЬ DVIJENIJA

R. A. Laputin

Automobile Transport and Highway Engineering Institute of

Donetsk National Technical University, City of Gorlovka

Current Road Safety Evaluation on Level Crossing at Distributed Disposition of Conflict points

The modern methods of the traffic management such as non-controlled crossing renewal to self-controlled and signal control introduction make it possible to bring down the quantity of the traffic accidents correspondingly to 17 % and 30 %. Therefore, the use of the mentioned methods do not solve completely the matter on road safety improving on level crossings because of the fact that they are not designed for traffic situation variability in time, which relates to nonstationarity of traffic flows. It follows that the valuation methods and the flow of traffic safety improving on level crossings using the operating control of traffic flows is an inevitable necessity.

The scientific valuation problem and the current road safety improving on the non-controlled level crossings at distributed disposition of conflict points are considered in the work. The theory of valuation of current road safety on the areas and approaches of the indicated crossing is worked out. The relevant quantitative characteristics of the current road safety on the approaches and area of the unsupervised crossing at distributed disposition of conflict points are formulated and formalized.

CROSSING, TRANSPORT VEHICLE, CONFLICT POINT, ROAD SAFETY