



ОЦІНКА ПОТОЧНОЇ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ НА ОДНОМУ РІВНІ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ПРИ ЗОСЕРЕДЖЕНОМУ РОЗТАШУВАННІ КОНФЛІКТНИХ ТОЧОК

Анотація. Робота присвячена проблемі підвищення безпеки руху на нерегульованих перехрестях на одному рівні. Запропоновано поняття поточної безпеки руху з відповідними кількісними характеристиками її оцінки в режимі реального часу.

Ключові слова: перехрестя, потік транспортний, безпека дорожнього руху, пригода дорожньо-транспортна.

Аннотация. Работа посвящена проблеме повышения безопасности движения на нерегулируемых перекрестках в одном уровне. Предложено понятие текущей безопасности движения с соответствующими количественными характеристиками ее оценки в режиме реального времени.

Ключевые слова: перекресток, поток транспортный, безопасность дорожного движения, происшествие дорожно-транспортное.

Annotation. The paper is devoted to improving traffic safety in unregulated crossroads of one level. The concept of the current traffic safety with relevant quantitative characteristics of its evaluation in real time.

Keywords: crossroads, traffic flow, traffic safety, traffic accident.

Вступ

В умовах сучасного розвитку транспорту щороку в Україні спостерігається тенденція значного зростання рівня автомобілізації у містах країни [1], що призводить до підвищення динаміки характеристик транспортних потоків (далі – ТП) (інтенсивність, швидкість руху, щільність). Це своєю чергою зумовлює збільшення інтенсивності попарної взаємодії конфліктних транспортних засобів (далі – ТЗ) на вулично-дорожній мережі міст, особливо на перехрестях на одному рівні, де відбувається близько 75% дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП) [2].

На сьогодні застосування методів організації дорожнього руху таких, як реконструкція нерегульованого перехрестя до саморегульованого та введення світлофорного регулювання підвищують безпеку руху опосередковано і дають змогу знизити кількість ДТП відповідно на 17% та 30%. Очевидно, що зазначені методи організації дорожнього руху не можуть вирішити повністю питання підвищення безпеки руху на перехрестях

на одному рівні через те, що вони не розраховані на мінливість дорожньо-транспортної ситуації у часі, яка пов'язана з нестационарністю ТП. Отже, для ефективнішого зниження аварійності на перехрестях на одному рівні є актуальним підвищення безпеки руху ТЗ у режимі реального часу.

ДТП по відношенню до дорожнього руху, як динамічного процесу, є його окремим станом у часі та просторі, тому аварійність є сукупністю окремих станів дорожнього руху, які відбуваються доволі рідко, й аналіз яких не завжди дає змогу віднайти достовірні причини виникнення ДТП. Отже, безпека руху за [3] є статичною характеристикою дорожнього руху, а тому практично кожний метод оцінки та підвищення цієї характеристики на нерегульованих перехрестях на одному рівні оперує сталими та усередненими показниками дорожнього руху. Тож постає наукове завдання подальшого дослідження безпеки руху на нерегульованих перехрестях на одному рівні за поточними кількісними характеристиками безпеки руху ТЗ, що будуть отримуватись в режимі реального часу.



Отже, мета роботи полягає в розробці кількісних характеристик оцінки поточної безпеки руху на перехрестях на одному рівні при зосередженому розташуванні конфліктних точок.

Основна частина

Теоретичні дослідження процесу формування безпеки руху на нерегульованому перехресті на одному рівні за часом дає змогу сформулювати поняття поточної безпеки руху (далі – ПБР), що за [4] є характеристикою дорожнього руху, яка виражається у поточних за часом попарних взаємодіях конфліктних ТЗ, негативними наслідками яких є аварійність.

Пропонується оцінювати ПБР в режимі реального часу окремо на підходах перехрестя та його площі залежно від розташування конфліктних точок. У нашій роботі дослідження щодо оцінки ПБР спрямовані для перехресть із зосередженим розташуванням конфліктних точок.

За вказаним поняттям поточної безпеки руху, ПБР не виражається в аварійності, а виявляється. Отже, прояви ПБР є ДТП, а аварійність є характеристикою проявів ПБР. Таким чином оцінку ПБР на перехрестях на одному рівні необхідно виконувати у режимі реального часу. Заходи з підвищення ПБР необхідно розробляти та впроваджувати також у режимі близькому до режиму реального часу.

У певний момент часу на підходах перехрестя конфліктних напрямків рухаються ТЗ, що утворюють між собою конфліктні пари. Наявність пари ТЗ на підходах до перехрестя на одному рівні з відповідних конфліктних ТП створює певну дорожньо-транспортну ситуацію, в якій формується безпека руху в поточний момент часу за умови сумісного потрапляння вказаних ТЗ на площу перехрестя, що може спричинити виникнення конфліктної ситуації або ДТП. Наявність на підходах перехрестя пари конфліктних ТЗ є необхідною умовою для виникнення ДТП на площі перехрестя. Отже, уникнення попарної взаємодії ТЗ на площі перехрестя у поточний момент часу дасть змогу запобігти ДТП, що розкриває сенс підвищення безпеки руху на перехрестях на одному рівні в режимі реального часу.

Так, на безпеку руху ТЗ на підходах до перехрестя на одному рівні в поточний момент часу суттєво впливає сукупність різниць в часі прибуття конфліктних ТЗ у парах до межі площі перехрестя.

Кількісно оцінити різницю в часі прибуття конфліктних ТЗ до межі площі перехрестя можна за допомогою вхідного часу ТЗ, що є астрономічним часом проїзду ТЗ фіксованого перерізу проїзної частини вулиці. Отже, визначення різниці вхідного часу пари конфліктних ТЗ на межі площі перехрестя та порівняння її з граничним

значенням є оцінкою ПБР на підходах до перехрестя на одному рівні. Зазначене потребує використання фіксованих перерізів проїзних частин на підходах до перехрестя, в яких за допомогою детекторів транспорту можливе визначення фактичного вхідного часу ТЗ на підходи перехрестя, а за допомогою моделювання часу руху ТЗ – розрахункового вхідного часу ТЗ на межах площі перехрестя.

У якості кількісної характеристики оцінки поточної безпеки руху ТЗ на підходах до перехрестя на одному рівні пропонується застосовувати різниці вхідного часу на межі площі перехрестя нижчі граничного значення, які дадуть змогу оцінювати безпеку руху ТЗ на підходах до перехрестя в режимі реального часу. Математична модель кількісної характеристики оцінки поточної безпеки руху на підходах нерегульованого перехрестя на одному рівні має такий вигляд:

$$\beta(t)_{i,j}^3 = \left\{ \Delta t_{B_{i,j}}^{3_1}; \Delta t_{B_{i,j}}^{3_2}; \dots; \Delta t_{B_{i,j}}^{3_k}; \dots; \Delta t_{B_{i,j}}^{3_n} \right\};$$

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

$$+ \frac{1}{j_{y,i}} \cdot \left(V_{0,i} - \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot j_{y,i} \cdot l_{y,i}} \right) -$$

$$- \frac{1}{j_{y,j}} \cdot \left(V_{0,j} - \sqrt{V_{0,j}^2 - 2 \cdot j_{y,j} \cdot l_{y,j}} \right);$$

$$\Delta t_{B_{i,j}}^{3_k} \leq \Delta t_{B_{i,j}}^{3_{гр}} = \frac{2 \cdot l_{E,i} + B_{пп}^{max} + 2 \cdot l_a}{2 \cdot \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot j_{y,i} \cdot l_{y,i}}}$$

де $\Delta t_{B_{i,j}}^{3_k}$ – k-а різниця вхідного часу в межах часу t між транспортними засобами i-го та j-го конфліктних напрямків нижча граничного значення $\Delta t_{B_{i,j}}^{3_{гр}}$;

n – кількість різниць вхідного часу нижчих граничного значення $\Delta t_{B_{i,j}}^{3_{гр}}$, яка спостерігалась на перехресті за час t ;

L_i, L_j – довжина підходів перехрестя відповідно головного та другорядного напрямків;

$l_{y,i}, l_{y,j}$ – частина підходу, на якій ТЗ рухається з уповільненням відповідно по головному та другорядному напрямках;

$V_{0,i}, V_{0,j}$ – початкова швидкість ТЗ відповідно основного та другорядного ТП;

t_1, t_2 – моменти часу фіксування детекторами транспорту появи на підходах ТЗ відповідно основного та другорядного ТП (фактичний вхідний час ТЗ на підходи до перехрестя);

$j_{y,i}, j_{y,j}$ – уповільнення ТЗ на підходах перехрестя відповідно головного та другорядного напрямків;



$l_{E,i}$ – відстань від границі площі перехрестя до її центру з i -го підходу головного напрямку;

$B_{пр}^{max}$ – максимальна ширина проїзної частини доріг з i -го головного чи j -го другорядного напрямку;

l_a – габаритна довжина ТЗ.

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

Під час роз'їзду на площі перехрестя на одному рівні при зосередженому розташуванні конфліктних точок ТЗ, які перебувають у конфліктних зонах площі перехрестя [5], взаємодіють між собою незалежно від маневрів роз'їзду, що вони виконують. Отже, як кількісну характеристику оцінки ПБР ТЗ на площі перехрестя на одному рівні при зосередженому розташуванні конфліктних точок пропонується застосовувати відношення поточної конфліктної кількості ТЗ до максимальної їх кількості. Вказану характеристику пропонується називати "поточним коефіцієнтом конфліктності" (далі – ПКК). Оцінка ПБР буде відбуватися методом порівняння результату розрахунку поточного коефіцієнту конфліктності з його граничним значенням у режимі реального часу.

Математична модель ПКК на площі перехрестя на одному рівні при зосередженому розташуванні конфліктних точок має вигляд:

$$\alpha(t) = \frac{(\lambda(t_0) + \lambda^+(t) - \lambda^-(t)) \cdot \left(\sum_{i=1}^{k_n} S_{n,i} + \sum_{i=1}^{k_j} S_{z,i} + \sum_{i=1}^{k_p} S_{p,i} \right)}{S_{пр} \cdot \lambda_{k,max}}, \quad (2)$$

$$\alpha_{гр} = \frac{\lambda_{k,min}}{\lambda_{k,max}}$$

де $\alpha(t)$ – ПКК;

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

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

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

$S_{п}, S_{з}, S_{р}$ – площі конфліктних зон відповідно перетину, злиття і розгалуження смуг руху ТЗ;

$k_{п}, k_{з}, k_{р}$ – кількість конфліктних точок відповідно перетину, злиття і розгалуження імовір-

них траєкторій ТП на перехресті на одному рівні;

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

$\alpha_{гр}$ – граничне значення ПКК перехрестя;

$\lambda_{k,max}$ – максимально можлива конфліктна кількість ТЗ на площі перехрестя;

$\lambda_{k,min}$ – мінімально необхідна кількість ТЗ для виникнення ДТП на площі перехрестя.

Граничне значення ПКК при зосередженому розташуванні конфліктних точок пропонується знаходити шляхом регресійного аналізу статистичних даних про ПКК та кількість ДТП на площі певного перехрестя. Граничним значенням ПКК буде те, при якому спостерігається мінімальне значення ДТП.

Якщо $\alpha(t) > \alpha_{гр}$, то ПБР ТЗ на площі перехрестя в режимі реального часу буде полягати в обмеженні швидкості руху цих засобів на підходах головного напрямку з метою формування необхідного розриву в основному ТП для безпечного роз'їзду ТЗ другорядного напрямку.

Висновки

У роботі було запропоновано кількісні характеристики оцінки ПБР ТЗ на підходах та площі нерегульованого перехрестя на одному рівні при зосередженому розташуванні конфліктних точок. Зазначені характеристики надають можливість оперативного підвищення безпеки руху на підходах та площі перехрестя. Перспективою подальших досліджень є розробка на підставі вказаних характеристик, критеріїв та системи управління ПБР на перехрестях на одному рівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доля В.К. Моделювання рівня автомобілізації на ефективність функціонування транспортної мережі / В.К. Доля, О.О. Лобашов, О.В. Прасоленко // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту: Збірник наукових праць. – Донецьк, 2010. – №3. – С. 19 – 23.
2. Полозенко П.М. Комплексна оцінка режимів світлофорного регулювання на перехрестях: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Полозенко Павло Миколайович. – К., 1999. – 136 с.
3. Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення: ДСТУ 2935-94. – [Чинний від 01-01-1996]. – К.: Держстандарт України 1995. – 16 с.
4. Лапутин Р.О. Загальні підходи до розкриття формування безпеки руху на нерегульованому перехресті на одному рівні / Р.О. Лапутин // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник. – Горлівка, 2009. – № 1(8). – С. 56 – 59.
5. Лапутин Р.О. Геометричний критерій оцінки безпеки руху на перехрестях доріг в одному рівні / Р.О. Лапутин, О.М. Дудніков // Безпека дорожнього руху України. – К.: ТОВ "Журнал "Радуга", 2006. – № 1-2 (22). – С. 52 – 55.