

Лапутин Р.О., канд. техн. наук

## МЕТОД ОЦІНКИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ПОТОЧНОЇ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ НА ОДНОМУ РІВНІ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

**Анотація.** У роботі розроблено метод та відповідну методику оцінки та підвищення поточної безпеки руху на перехрестях на одному рівні в режимі реального часу. Метод дозволяє оперативно виявляти необхідні умови виникнення ДТП та своєчасно їх ліквідувати, що безпосередньо впливає на безпеки руху на перехресті з позитивним результатом щодо її підвищення.

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

**Аннотация.** В работе разработан метод и соответствующая методика оценки и повышения текущей безопасности движения на перекрестках в одном уровне в режиме реального времени. Метод позволяет оперативно фиксировать необходимые условия возникновения ДТП и своевременно их ликвидировать, что оказывает непосредственное влияние на безопасность движения на перекрестке с положительным результатом относительно ее повышения.

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

**Annotation.** In work the method and the corresponding technique of an evaluation and increase of the current road safety at intersections in real time is developed. The method allows to reveal operatively necessary conditions of emergence of road accident and in due time to liquidate them that makes direct impact on road safety at an intersection with positive result concerning its increase.

**Key words:** intersection, traffic flow, road safety, road accident.

## **Постановка проблеми у загальному вигляді**

Якісне функціонування автотранспортної системи, яке полягає в ефективному задоволенні потреб населення та суспільного виробництва в безпечних перевезеннях пасажирів та вантажів автомобільними транспортними засобами, безпосередньо впливає на економічний розвиток країни. В свою чергу, безпека дорожнього руху, як складова соціально-економічної проблеми, значно оказує вплив на ефективність перевезень, яка за статистикою аварійності в Україні є незадовільною. З усіх дорожньо-транспортних пригод (ДТП), що трапляються в Україні, 12,2% відбувається на нерегульованих перехрестях на одному рівні, а якщо розглядати тільки міста країни, на вулично-дорожню мережу (ВДМ) яких припадає близько 70% ДТП, то на перехрестях відбувається в середньому 75% ДТП. Тому нерегульовані перехрестя на одному рівні є найаварійнішими місцями вулично-дорожньої мережі. На сьогоднішній день методи організації дорожнього руху, такі як реконструкція нерегульованого перехрестя до саморегульованого та введення світлофорного регулювання, підвищують безпеку руху опосередковано і дозволяють знизити кількість ДТП відповідно на 17% та 30% [1]. Отже, видно, що зазначені методи організації дорожнього руху не можуть вирішити 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 нестаціонарністю транспортних потоків (ТП). Отже, для більш ефективного зниження аварійності на перехрестях на одному рівні є актуальним підвищення безпеки руху транспортних засобів в режимі

### **Аналіз останніх досліджень**

Проблемою безпеки руху транспортних засобів (ТЗ) на перехрестях на одному рівні займалися багато вітчизняних та іноземних науковців: Вебстер Ф., Гаврилов О.А., Дзюба О.П., Єресов В.І., Живоглядів В.Г., Иносе Х., Капітанов В.Г., Клінковштейн Г.І., Кременець В.І., Лобанов Є.М., Печерський М.П., Поліщук В.П., Полозенко П.М., Раппопорт Г.А., Рябець Я.В., Сільянов В.В., Самойлов Д.С., Фішельсон М.С., Хейт Ф., Хорович Б.Г., Четверухін Б.М., Якушин Л.А. та ін. Аналіз наукових праць зазначених вчених надав можливість виокремити ряд методів оцінки безпеки руху на перехрестях на одному рівні: метод оцінки аварійності на нерегульованих перехрестях на одному рівні коефіцієнтами аварійності; метод оцінки безпеки руху на перехресті на одному рівні за допомогою умовних балів; метод відносної

аварійності конфліктних точок; метод конфліктних ситуацій. Аналіз вказаних методів на предмет можливості застосування їх методик для безпосереднього впливу на безпеку руху показав, що кожний з методів оперує усередненими, а не поточними даними про характеристики транспортних потоків. Отже, жодний з методів оцінки безпеки руху не можна застосовувати для безпосереднього впливу на безпеку руху транспортних засобів на перехресті на одному рівні, яке дозволило б безпосередньо виконувати оперативну оцінку та підвищення безпеки руху, що визначає наукову задачу щодо створення нового методу оцінки та підвищення безпеки руху на нерегульованих перехрестях на одному рівні в режимі реального часу, який надасть можливість оперативного впливу на безпеку руху з метою ліквідації конфліктів між парами транспортних засобів на перехресті на одному рівні у поточний момент часу.

### **Основна частина**

Сучасна методологія дослідження безпеки дорожнього руху розглядає безпеку руху, як характеристику дорожнього руху, яка виражається аварійністю (сукупність ДТП у просторі та часі за минулий період[2]) і не враховує дуже важливу особливість, а саме те, що ДТП виникає у конкретний час, в який формуються поточні умови руху, що призвели до його виникнення. Отже, підвищувати безпеку руху на нерегульованих перехрестях на одному рівні пропонується в режимі реального часу на підставі оцінки поточної безпеки руху за кількістю конфліктних пар транспортних засобів у поточний момент часу.

Під поточною безпекою руху будемо розуміти характеристику дорожнього руху, що виражається у поточних за часом попарних взаємодіях конфліктних ТЗ, негативними наслідками яких є аварійність.

У певний момент часу на підходах перехрестя конфліктних напрямків рухаються ТЗ, що утворюють між собою конфліктні пари. Наявність пари транспортних засобів на підходах до перехрестя на одному рівні з відповідних конфліктних транспортних потоків створює певну ДТС, в якій формується безпека руху в поточний момент часу за умови сумісного потрапляння вказаних транспортних засобів на площу перехрестя, що може спричинити виникнення конфліктної ситуації або дорожньо-транспортної пригоди. Наявність на підходах перехрестя пари конфліктних ТЗ є необхідною умовою для виникнення ДТП на площі перехрестя. Отже, уникнення попарної взаємодії транспортних засобів на площі перехрестя у поточний момент часу дозволить

запобігати ДТП, що розкриває сенс підвищення безпеки руху на перехрестях на одному рівні в режимі реального часу.

Вище вказане дозволяє сформулювати метод оцінки та підвищення поточної безпеки руху на перехрестях на одному рівні в режимі реального часу, який полягає в відстеженні в указаному режимі часу попарної взаємодії транспортних засобів на площі нерегульованого перехрестя та своєчасній її ліквідації.

Для реалізації вказаного методу розроблено відповідну методику оцінки та підвищення поточної безпеки руху (ПБР) на нерегульованих перехрестях на одному рівні в режимі реального часу. Методика складається з кількох етапів, що включають визначення кількісних характеристик ПБР на перехресті на одному рівні в режимі реального часу, порівняння їх з граничними значеннями та прийняття рішення щодо формування керуючих впливів з метою підвищення ПБР.

*Етап перший.* Визначаються границі зони та площі перехрестя, що дозволяють знайти місця встановлення детекторів транспорту та інформаційних табло змінної інформації.

*Етап другий.* Формуються вихідні дані у вигляді відповідних констант: частка конфліктної площі перехрестя в загальній площі перехрестя  $\delta$  [3], кількість підходів головного напрямку  $Z_i$ , кількість підходів другорядного напрямку  $m_j$ , довжина підходів відповідно по головному та другорядному напрямках  $L_i$ ,  $L_j$ , відстань від границі площі перехрестя до її центру по головному напрямку  $l_{E,i}$ , максимальна ширина проїзної частини підходів відповідно по головному та другорядному напрямках  $V_{\text{пр}}^{\text{max}}$ .

*Етап третій.* Визначаються відповідно граничні значення різниці вхідного часу та поточного коефіцієнту конфліктності:

$$\Delta t_{\text{в}}^{\text{гр}} = \frac{2 \cdot l_{E,i} + V_{\text{пр}}^{\text{max}} + 2 \cdot l_a}{2 \cdot \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot j_{y,i} \cdot l_{y,i}}}; \quad (1)$$

$$\alpha^{\text{гр}} = \frac{\lambda_{k,\text{min}}}{\lambda_{k,\text{max}}}, \quad (2)$$

де  $l_{y,i}$ , - частина підходу, на якій транспортний засіб рухається з уповільненням по головному напрямку;

$V_{0,i}$ , - початкова швидкість транспортного засобу основного транспортного потоку;

$\lambda_{k,max}$  - максимально можлива кількість транспортних засобів, що конфліктують на площі перехрестя;

$\lambda_{k,min}$  - мінімально необхідна кількість транспортних засобів для виникнення ДТП на площі перехрестя [4];

$l_a$  - габаритна довжина транспортного засобу;

$j_{y,i}$  - уповільнення транспортних засобів на підходах перехрестя головного напрямку.

*Етап четвертий.* Розраховується в режимі реального часу поточний коефіцієнт конфліктності  $\alpha(\Delta t)$ :

$$\alpha(\Delta t) = \frac{(\lambda^+(\Delta t)^n - \lambda^-(\Delta t)^n) \cdot \delta}{\lambda_{k,max}}, \quad (3)$$

де  $\lambda^+(\Delta t)^n$  - кількість транспортних засобів, що в'їхали на підходи перехрестя за час  $\Delta t$ ;

$\lambda^-(\Delta t)^n$  - кількість транспортних засобів, що виїхали з підходів перехрестя за час  $\Delta t$ .

*Етап п'ятий.* Проводиться порівняння поточного коефіцієнту конфліктності з його граничним значенням. Якщо, поточний коефіцієнт конфліктності знаходиться в межах від 0 до  $\alpha^{ГР}$  в такому випадку транспортні потоки, що взаємодіють на перехресті є здебільшого вільними, тобто спостерігається рух окремих транспортних засобів. В такому разі відслідковуються на підходах конфліктних напрямків попарні взаємодії транспортних засобів шляхом розрахунку різниць вхідного часу  $\Delta t_B$  в прибутті до границі площі перехрестя:

$$\Delta t_B = \frac{L_i - l_{y,i} - V_{0,i} \cdot (t_2 - t_1)}{V_{0,i}} - \frac{L_j - l_{y,j}}{V_{0,j}} + \frac{1}{j_{y,i}} \cdot \left( V_{0,i} - \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot j_{y,i} \cdot l_{y,i}} \right) - \frac{1}{j_{y,j}} \cdot \left( V_{0,j} - \sqrt{V_{0,j}^2 - 2 \cdot j_{y,j} \cdot l_{y,j}} \right), \quad (4)$$

де  $t_1, t_2$  - моменти часу фіксування детекторами транспорту появи на підходах транспортних засобів відповідно основного та другорядного транспортних потоків (фактичний вхідний час транспортних засобів на підходи до перехрестя);

$V_{0,j}$  - початкова швидкість транспортного засобу другорядного транспортного потоку;

$l_{y,j}$  - частина підходу, на якій транспортний засіб рухається з уповільненням по головному напрямку.

Проводиться порівняння  $\Delta t_B$  з  $\Delta t_B^{ГР}$ . Якщо,  $\Delta t_B \leq \Delta t_B^{ГР}$  розраховується безпечна швидкість руху транспортних засобів другорядного напрямку  $V_{\bar{6},j}$ :

$$V_{\bar{6},j} = \frac{(L_j - (l' + l'')) \cdot V_{0,i}}{(L_i - l_{y,i}) - V_{0,i} \cdot \left( (t_2 - t_1) - 1/j_{y,i} \cdot \left( V_{0,i} - \sqrt{V_{0,i}^2 - 2 \cdot j_{y,i} \cdot l_{y,i}} \right) + \Delta t_B \right)}, \quad (5)$$

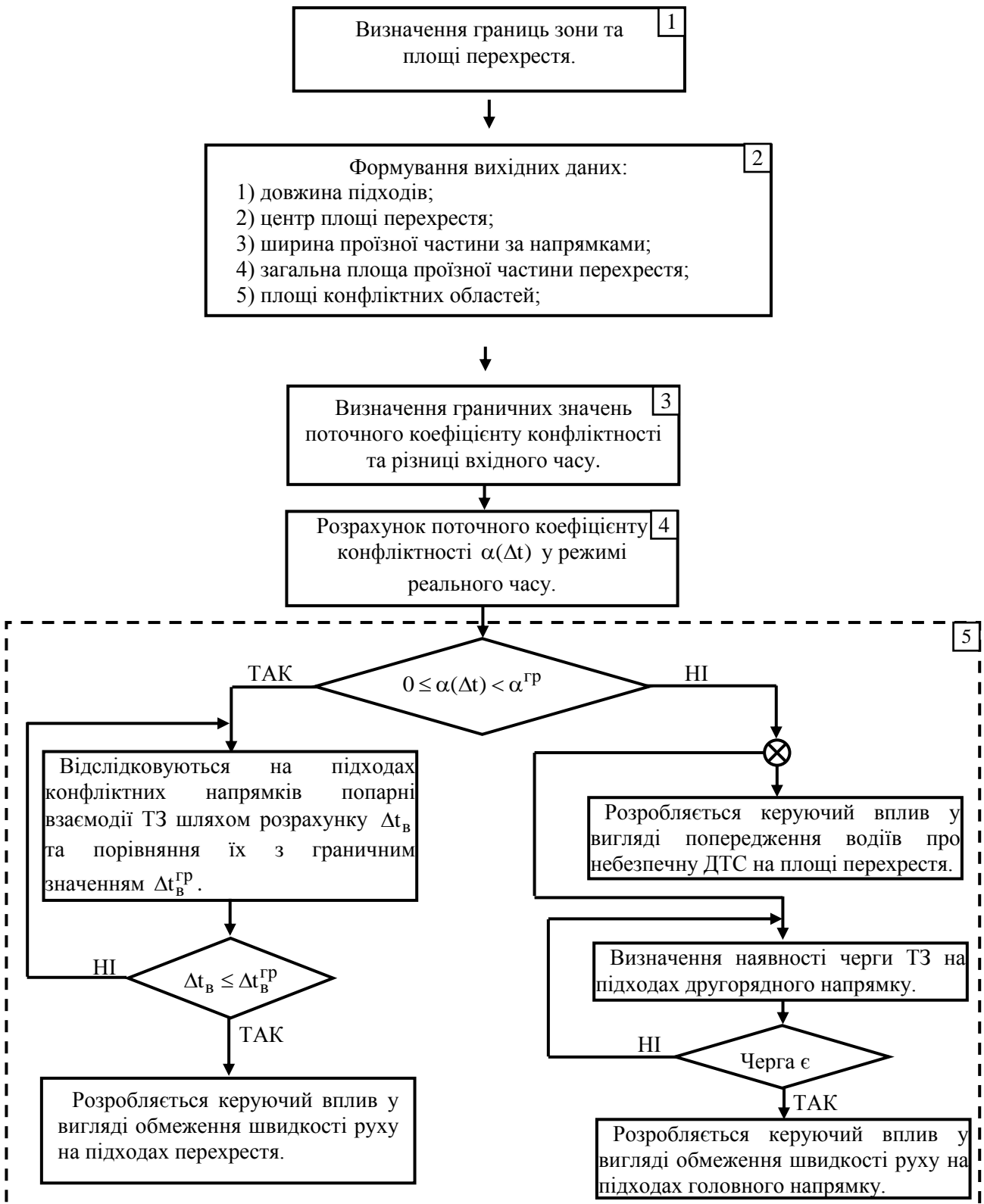
де  $l'$  - відстань, яку проїжджає транспортний засіб за час спрацьовування системи управління;

$l''$  - відстань з якої водій розпізнає інформацію на дорожньому знаку [5].

Швидкість руху транспортних засобів на підходах другорядного напрямку обмежується до  $V_{\bar{6},j}$ . Якщо, поточний коефіцієнт конфліктності знаходиться в межах від  $\alpha^{ГР}$  до 1 в такому випадку транспортні потоки на підходах ущільнюються, починаються формуватися черги транспортних засобів на підходах другорядного напрямку, частіше спостерігаються конфліктні ситуації на площі перехрестя. В такому разі попереджуємо водіїв про небезпечну ДТС, що склалася на площі перехрестя. Паралельно з цим, у разі накопичення транспортних засобів у чергах на підходах другорядного напрямку, обмежуємо швидкість руху транспортних засобів на підходах головного напрямку з метою

формування необхідного розриву в основному транспортному потоці для безпечного роз'їзду транспортних засобів другорядного напрямку.

Графічно методика представлена на рис. 1.



**Рисунок 1** – Графічне зображення методики оцінки та підвищення поточної безпеки руху на нерегульованих перехрестях на одному рівні в режимі реального часу

Таким чином, у роботі розроблено метод та відповідну методику оцінки та підвищення поточної безпеки руху на перехрестях на одному рівні в режимі реального часу. Метод дозволяє оперативно виявляти необхідні умови виникнення ДТП та своєчасно їх ліквідувати, що безпосередньо впливає на безпеку руху на перехресті з позитивним результатом щодо її підвищення. Перспективою подальших досліджень є розробка відповідних систем управління ПБР на перехрестях та алгоритмів їх роботи.

### Література

1. Эльвик Р. Справочник по безопасности дорожного движения / Р. Эльвик, А.Б. Мюсен, Т. Ваа: пер. с норв.; под редакцией проф. В.В.Сильянова. – М.: МАДИ (ГТУ), 2001. – 754 с.
2. Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення: ДСТУ 2935-94.– [Чинний від 01-01-1996]. – К.: Держстандарт України 1995. – 16 с.
3. 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.
4. Лапутин Р.О. Оцінка безпеки руху на нерегульованих перехрестях на одному рівні в режимі реального часу / Р.О. Лапутин // LXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету, 12 – 14 травня 2010 р.: тези доповідей. – К.: НТУ, 2010. – С. 193.
5. Поліщук В.П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху / В.П. Поліщук, Н.Т. Кунда. – К.: ІЗИН, 1998. – 132 с.