

УДК 656.13.05

Дудніков О.М., к.т.н., Сніцаренко К.С.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ОЦІНКА БЕЗПЕКИ РУХУ НА ПЕРЕСІЧЕННЯХ ДОРІГ ЗІ СВІТЛОФОРНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ З УРАХУВАННЯМ ТЯЖКОСТІ ДОРОЖНЬО–ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ

Розглядається проблема підвищення безпеки руху на пересіченнях доріг в одному рівні зі світлофорним регулюванням. Сформульовано підходи до оцінки безпеки руху на пересіченнях доріг зі світлофорним регулюванням за кількістю та тяжкістю дорожньо-транспортних подій. Запропоновано методику розрахунку імовірної кількості дорожньо-транспортних подій продовж року з урахуванням їх тяжкості.

Постановка наукової проблеми та задачі, що вирішується

Постійне збільшення кількості транспортних засобів на автомобільних дорогах призводить до низки проблем, пов'язаних з труднощами організації дорожнього руху, із забезпеченням комфортабельності поїздки, відповідної швидкості сполучення, не кажучи вже про екологічні аспекти роботи автомобільного транспорту. Але важливішою проблемою слід вважати забезпечення необхідного рівня безпеки руху.

Зростання автомобільного парку можна вітати (економічне зростання країни та її транспортної інфраструктури, підвищення добробуту громадян, утворення нових робочих місць тощо), аби не вкрай негативна, загрозлива динаміка аварійності на дорогах. Так, за 8 місяців (січень–серпень) 2006 року в результаті дорожньо-транспортних подій (ДТП) загинуло 4425 осіб, а за такий же період 2007 року ця цифра становила 5596 осіб (на 26 % більше) [1].

Стан безпеки руху в Україні на сьогоднішній день вважається найгіршим в Європі [2]. За останні десять років у державі зареєстровано 391134 ДТП, в яких загинуло 62141 особа та травмовано 445832 особи [2].

Більшість дослідників основною причиною аварійності називають неправомірну поведінку водіїв, посиляючись на офіційні дані статистики ДТП. Зокрема, А.О. Собакарь на основі аналізу таких даних зробив висновок, що з вини водіїв транспортних засобів відбувається більша частина ДТП — близько 70 % від загальної кількості, 25 % — з вини пішоходів та 5 % — з інших причин [3].

Характерним є також те, що з усієї кількості ДТП 70 % виникає на території вулично-дорожньої мережі міста. В свою чергу, аналіз статистичних даних свідчить, що серед ДТП в містах 75 % відбувається на пересіченнях. Серед вказаних ДТП 40 % відбуваються на пересіченнях доріг зі світлофорним регулюванням [4].

Зазначені дані статистики вказують на актуальність рішення наукових задач, пов'язаних із забезпеченням безпеки дорожнього руху насамперед в області пересічень доріг зі світлофорним регулюванням. Вирішення проблеми забезпечення належного рівня безпеки дорожнього руху неможливе без прогнозування кількості та тяжкості ДТП на пересіченні, що дає змогу ефективно визначити заходи щодо зниження не тільки кількості, а й тяжкості ДТП. Постає наукова задача щодо оцінки безпеки руху на пересіченнях доріг зі світлофорним регулюванням з урахуванням тяжкості ДТП.

На сьогоднішній день найбільш розвиненим вважається метод оцінки безпеки руху на пересіченнях за допомогою конфліктних точок [5]. Згідно цього методу небезпеку кожної конфліктної точки визначають за формулою [5]:

$$q_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7}, \quad (1)$$

де K_i — величина відносної аварійності конфліктної точки;

M_i, N_i — інтенсивності руху потоків, що пересікаються у конфліктній точці, *авт./доб.*;

K_2 — коефіцієнт річної нерівномірності руху.

Загальну небезпеку на нерегульованому пересіченні доріг в одному рівні пропонується у методиці оцінювати за наступною формулою [5]:

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (2)$$

де G — можлива кількість ДТП на пересіченні за один рік, *ДТП/рік*;

n — число конфліктних точок на пересіченні, *од.*

Безпеку руху на пересіченнях зі світлофорним регулюванням оцінюють також по небезпеці конфліктних точок [6]. На відміну від нерегульованих пересічень на регульованих виділяють шість характерних конфліктних точок, опис яких наведений у таблиці 1 [6].

Таблиця 1

Характеристики конфліктних точок на пересіченнях зі світлофорним регулюванням

Взаємодія потоків	Схеми руху	Небезпека конфліктної точки, ДТП на 10 млн. авт.
Розділення: повороти без перешкод зі смуги прямого або поворотного руху		0,000100
Лівий поворот з присутністю перешкод з інших смуг руху		0,000102
Пересічення лівоповоротного потоку з прямим		0,000048
Пересічення автомобільних потоків з трамвайним рухом		0,000207
Злиття на одній смузі		0,000968
Наїзд на автомобілі на підході до стоп-лінії		0,012425*

*Примітка: при оцінці небезпеки цієї конфліктної точки використовують суму всіх потоків, котрі підходять до пересічення.

Небезпеку конфліктних точок (за виключенням попутних зіткнень транспортних засобів) згідно цього методу на пересіченнях зі світлофорним регулюванням визначають за формулою [6]:

$$q_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 10^{-2}, \quad (3)$$

де q_i — імовірна аварійність у i -тій конфліктній точці, *ДТП/рік*;

K_i — показник небезпеки конфліктної точки, приймається згідно таблиці 1;

M_i, N_i — інтенсивності транспортних потоків у i -тій конфліктній точці, *авт./год.*

Імовірне число попутних зіткнень транспортних засобів [6]:

$$q_n = K_n \cdot (M_{i\Sigma} + N_{i\Sigma}) \cdot 10^{-2}, \quad (4)$$

де q_n — імовірне число попутних зіткнень транспортних засобів, *ДТП/рік*;

K_n — небезпека наїзду, приймається згідно таблиці 1;

$M_{i\Sigma}$, $N_{i\Sigma}$ — сумарні інтенсивності руху на пересіченні за головним та другорядним напрямками, *авт./год*.

Імовірну аварійність на пересіченні доріг можливо розрахувати за емпіричною формулою [6]:

$$G_p = -0,468 + q_n + \sum_{i=1}^n q_i, \quad (5)$$

де G_p — імовірна аварійність на регульованому пересіченні доріг, *ДТП/рік*;

n — число конфліктних точок на пересіченні доріг.

Метод також передбачає врахування безпеки руху пішоходів. Для оцінки безпеки руху пішоходів на регульованому пересіченні використовується емпірична формула, отримана на підставі регресійного аналізу [6]:

$$G_n = 0,0025 + 0,92 \cdot 10^{-3} \cdot \sum_{i=1}^n (I_n^{\frac{1}{4}} \cdot I_m), \quad (6)$$

де G_n — число ДТП з пішоходами за рік, *ДТП/рік*;

I_n — інтенсивність руху пішоходів по переходу, *піш./год.*;

I_m — сумарна інтенсивність руху транспортних потоків через пішохідний перехід, *авт./год.*;

n — число пішохідних переходів на пересіченні, *од.*

Загальну кількість ДТП за 1 рік на регульованому пересіченні варто розраховувати з урахуванням руху пішоходів [6]:

$$G = G_p + G_n. \quad (7)$$

Вказаний метод оцінки безпеки руху на регульованих та нерегульованих пересіченнях має ряд суттєвих недоліків, з яких можна виділити основні:

- відсутність можливості врахування тяжкості ДТП;
- відсутність врахування практично всіх характеристик роботи світлофорного об'єкту на пересіченні: тривалості циклу регулювання, кількості фаз регулювання та їх тривалості, характеристики схем пофазного роз'їзду;
- розрахунок величини небезпеки конфліктної точки в методі оцінки безпеки руху на нерегульованих пересіченнях шляхом добутку значень інтенсивності руху потоків, що пересікаються в конфліктній точці, піддається сумніву через неможливість виникнення в конфліктній точці кількості ДТП більшої, ніж менше з двох значень інтенсивності в точці.

Зазначене вище розкриває наукову задачу щодо уточнення можливості оцінки безпеки руху на пересіченнях зі світлофорним регулюванням з урахуванням тяжкості ДТП.

Мета роботи

Метою роботи є оцінка безпеки руху на пересіченнях доріг зі світлофорним регулюванням з урахуванням тяжкості дорожньо-транспортних подій.

Основна частина

В процесі роботи світлофорного об'єкту на пересіченні доріг формуються певні схеми дозволених траєкторій руху транспортних засобів. Приклади схем руху на пересіченні за відповідними фазами регулювання наведено на рис. 1.

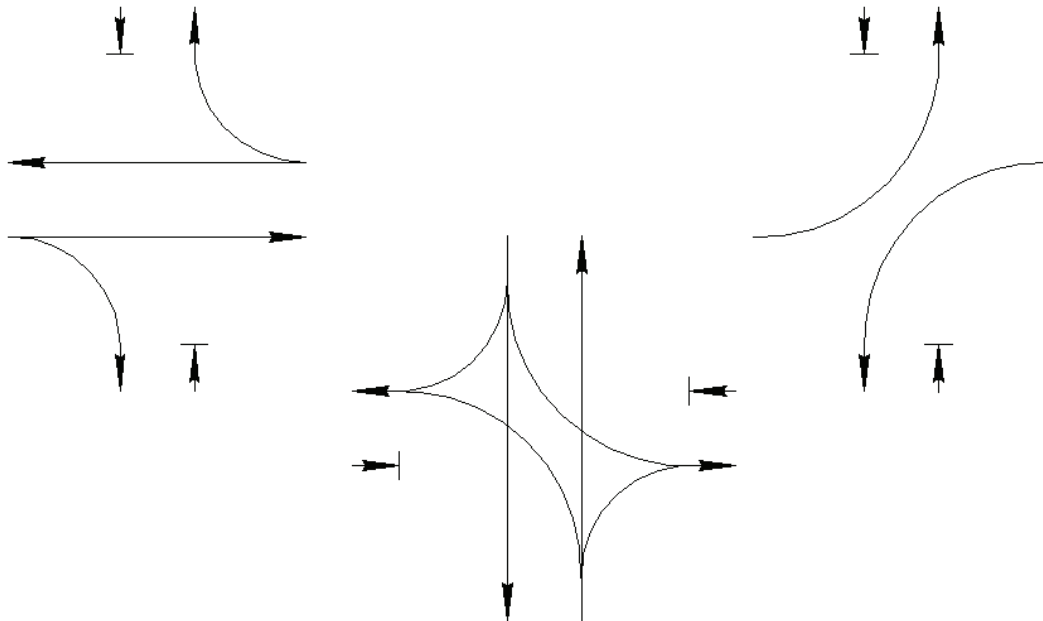


Рис. 1. Формування схем дозволених траєкторій руху у відповідних фазах руху на території пересічення зі світлофорним регулюванням.

Існують певні види ДТП, імовірність виникнення яких існує при наявності приведених схем руху у відповідних фазах. Аналізуючи рис. 1, можна виділити наступні можливі види ДТП:

- зіткнення під час злиття потоків;
- зіткнення під час пересічення лівоповоротного потоку з прямим;
- побіжний наїзд на транспортний засіб під час розділення потоків.

Крім того, в методиці оцінки безпеки руху на пересіченнях доріг в одному рівні зі світлофорним регулюванням методом конфліктних точок присутня можливість врахувати такий характерний вид ДТП, як наїзд на транспортний засіб на підході до стоп-лінії [6]. Також, як вже зазначалося, є можливість оцінки безпеки руху пішоходів, за участю яких відбувається велика кількість ДТП на пішохідних переходах.

Таким чином, можна виділити ще два характерних види ДТП, що відбуваються на пересіченнях доріг в одному рівні зі світлофорним регулюванням, які можливо врахувати у майбутній методиці:

- наїзд на зупинений перед стоп-лінією транспортний засіб;
- наїзд на пішохода, який перетинає проїзну частину, рухаючись по пішохідному переходу.

Для врахування п'яти з'ясованих видів ДТП, які можливо врахувати на пересіченнях зі світлофорним регулюванням, використовуємо формулу, що описана в методиці [6]:

$$G = G_p + G_n, \quad (8)$$

де G_p — імовірна аварійність на регульованому пересіченні доріг, *ДТП/рік*;

G_n — число ДТП з пішоходами в рік, *ДТП/рік*.

В свою чергу імовірна кількість ДТП за рік на регульованому пересіченні дорівнює:

$$G_p = -0,468 + q_n + \sum_{i=1}^n q_i, \quad (9)$$

де q_n — імовірне число попутних зіткнень транспортних засобів, ДТП/рік, що визначається за формулою [6]:

$$q_n = K_n \cdot (M_{\Sigma} + N_{\Sigma}) \cdot 10^{-2}; \quad (10)$$

q_i — імовірна аварійність у i -тій конфліктній точці, ДТП/рік. Розрахунок ведеться згідно з методикою оцінки безпеки руху на нерегульованих пересіченнях [5]:

$$q_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7}. \quad (11)$$

В формулі (11) величини M_i та N_i становлять середньорічні значення добової інтенсивності руху транспортних потоків, які пересікаються в конфліктній точці. Однак піддається сумніву той факт, що в формулі необхідно використовувати добуток цих величин, оскільки такий добуток не виражає взаємодію транспортних потоків, які пересікаються в конкретній конфліктній точці. Якщо зробити припущення, що на території пересічення відбуваються ДТП за участю тільки двох автомобілів (так, як правило, і відбувається) з потоків, які пересікаються в точці (назвемо ці два автомобілі «парою»), то максимально можлива кількість ДТП буде дорівнювати максимальній кількості можливих пар автомобілів. В свою чергу, кількість можливих пар не може перевищувати меншого з двох значень інтенсивності транспортних потоків, які пересікаються в конфліктній точці. На основі цього уточнимо формулу (11), отримаємо:

$$q_i = K_i \cdot \left[\{M_i; N_i\}_{\min} \right]^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7}. \quad (12)$$

Підставивши (10) і (12) в (9), отримаємо:

$$G_p = -0,468 + K_n \cdot (M_{\Sigma} + N_{\Sigma}) \cdot 10^{-2} + \sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\{M_i; N_i\}_{\min} \right]^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right). \quad (13)$$

З метою уточнення формули (13) щодо можливості оцінки тяжкості ДТП пропонується замість емпіричного коефіцієнта 0,468 увести коефіцієнт тяжкості ДТП K_p . Крім того, значення інтенсивності M_i та N_i , які використовуються в методиці для оцінки безпеки руху на нерегульованих пересіченнях, мають одиниці виміру *авт./доб.* на відміну від значень інтенсивності M_{Σ} та N_{Σ} , одиниці виміру яких — *авт./год.* Тому для переходу на єдину розмірність (*авт./год.*) скористаємося коефіцієнтом переведення годинної інтенсивності руху у середню добову інтенсивність, який дорівнює 0,076 [7]:

$$G_p = K_p + K_n \cdot (M_{\Sigma} + N_{\Sigma}) \cdot 10^{-2} + \sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left\{ \left(\frac{M_i}{0,076} \right); \left(\frac{N_i}{0,076} \right) \right\}_{\min} \right]^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right), \quad (14)$$

де K_p — коефіцієнт тяжкості ДТП;

K_n — небезпека наїзду, приймається згідно таблиці 1;

M_{Σ} , N_{Σ} — сумарні інтенсивності руху на пересіченні за головним та другорядним напрямками, *авт./год.*;

K_i — величина відносної аварійності конфліктної точки;

M_i, N_i — інтенсивності руху потоків, що пересікаються у конфліктній точці, *авт./доб.*;

K_z — коефіцієнт річної нерівномірності руху;

0,076 — коефіцієнт переведення годинної інтенсивності руху у середню добову інтенсивність [7].

Таким чином, формула (14) дозволяє розрахувати імовірне сумарне значення за рік чотирьох видів ДТП, а саме:

- зіткнення під час злиття потоків;
- зіткнення під час пересічення лівоповоротного потоку з прямим;
- побіжний наїзд на транспортний засіб під час розділення потоків;
- наїзд на зупинений перед стоп-лінією транспортний засіб.

Для врахування кількості ДТП за участю пішоходів скористаємося відповідною формулою методики оцінки безпеки руху на регульованих пересіченнях [6]:

$$G_n = 0,0025 + 0,92 \cdot 10^{-3} \cdot \sum_{i=1}^n \left(I_n^{\frac{1}{4}} \cdot I_m \right), \quad (15)$$

де G_n — число ДТП з пішоходами в рік, *ДТП/рік*;

I_n — інтенсивність руху пішоходів по переходу, *піш./год.*;

I_m — сумарна інтенсивність руху транспортних потоків через пішохідний перехід, *авт./год.*;

n — число пішохідних переходів на пересіченні, од.

З метою створення можливості оцінки тяжкості ДТП в формулі (15) замінимо емпіричні коефіцієнти на коефіцієнти тяжкості K_{II} та K'_{II} , замінимо також позначення інтенсивності на N замість I , отримаємо:

$$G_n = K_{II} + K'_{II} \cdot \sum_{i=1}^n \left(N_n^{\frac{1}{4}} \cdot N_m \right). \quad (16)$$

Підставивши (14) і (16) в (8), отримаємо:

$$G = G_p + G_n = K_p + K_n \cdot (M_{i\Sigma} + N_{i\Sigma}) \cdot 10^{-2} + \sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left\{ \left(\frac{M_i}{0,076} \right); \left(\frac{N_i}{0,076} \right) \right\}_{\min} \right]^2 \cdot \frac{25}{K_z} \cdot 10^{-7} \right) + K_{II} + K'_{II} \cdot \sum_{i=1}^n \left(N_n^{\frac{1}{4}} \cdot N_m \right). \quad (17)$$

Отримана модель має суттєвий недолік, який обмежує її практичне використання, оскільки вона визначає кількість ДТП, що відбуваються під час роботи світлофорного об'єкта у режимі жорсткого програмного регулювання, що являє собою деяку частину доби. Під час іншої частини доби світлофорний об'єкт працює в режимі відсутності світлофорного регулювання (жовте миготіння або вимкнений світлофорний об'єкт). В даному режимі на території пересічення формується одна схема дозволеного руху, що передбачена в існуючій схемі організації дорожнього руху та визначається дорожньою розміткою, дорожніми знаками та напрямними пристроями. Отже, необхідно врахувати час роботи світлофорної сигналізації.

Для врахування часу роботи світлофорної сигналізації уведемо в формулу (17) поправковий коефіцієнт Δt_r , який являє собою частку часу роботи світлофорного об'єкта в режимі жорсткого програмного регулювання впродовж доби. Цей коефіцієнт дозволить уточнити кількість ДТП трьох видів, які враховує частина формули, яку було отримано на основі мето-

дики оцінки безпеки руху на нерегульованих пересіченнях. Дві ж інші частини формули, які відповідають за кількість наїздів на зупинені перед стоп-лінією транспортні засоби та за кількість наїздів на пішоходів на пішохідному переході, враховують час роботи світлофорного об'єкта в режимі жорсткого програмного регулювання. Крім того, для врахування кількості ДТП на регульованому пересіченні під час роботи світлофорного об'єкта в режимі жовтого миготіння скористаємося наступною формулою:

$$G_{жс} = \Delta t_m \cdot \sum_{i=1}^{n_m} K_i \cdot \left[\left\{ \left(\frac{M_i}{0,076} \right); \left(\frac{N_i}{0,076} \right) \right\}_{\min} \right]^2 \cdot \frac{25}{K_r} \cdot 10^{-7}, \quad (18)$$

де $G_{жс}$ — імовірна кількість ДТП на території пересічення зі світлофорним регулюванням у режимі жовтого миготіння, *ДТП/рік*;

Δt_m — частка часу роботи світлофорного об'єкта в режимі жовтого миготіння (або вимкненого світлофорного об'єкта) впродовж доби, *од.*;

n_m — кількість конфліктних точок за схемою дозволених напрямків руху у режимі жовтого миготіння, *од.*;

0,076 — коефіцієнт переводу інтенсивності руху від середньодобового значення до середньогодинного значення у піковий період інтенсивності руху;

M_i, N_i — інтенсивності транспортних потоків, що пересікаються у конфліктній точці відповідної схеми дозволеного руху, *авт./год.*;

K_r — коефіцієнт річної нерівномірності руху, це відношення середньодобової інтенсивності руху до річної середньодобової інтенсивності руху;

25 — коефіцієнт, що враховує кількість робочих днів у місяці.

З урахуванням вказаних уточнень формула (17) прийме вигляд:

$$\begin{aligned} G = & K_p + K_n \cdot (M_{т\sigma} + N_{т\sigma}) \cdot 10^{-2} + \left[\sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left\{ \left(\frac{M_i}{0,076} \right); \left(\frac{N_i}{0,076} \right) \right\}_{\min} \right]^2 \cdot \frac{25}{K_r} \cdot 10^{-7} \right) \right] \cdot \Delta t_r + \\ & + K_{II} + K'_{II} \cdot \sum_{i=1}^n (N_n^{\frac{1}{4}} \cdot N_m) + G_{жс} = K_p + K_n \cdot (M_{т\sigma} + N_{т\sigma}) \cdot 10^{-2} + \\ & + \left[\sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left\{ \left(\frac{M_i}{0,076} \right); \left(\frac{N_i}{0,076} \right) \right\}_{\min} \right]^2 \cdot \frac{25}{K_r} \cdot 10^{-7} \right) \right] \cdot \Delta t_r + K_{II} + K'_{II} \cdot \sum_{i=1}^n (N_n^{\frac{1}{4}} \cdot N_m) + \\ & + \Delta t_m \cdot \sum_{i=1}^{n_m} K_i \cdot \left[\left\{ \left(\frac{M_i}{0,076} \right); \left(\frac{N_i}{0,076} \right) \right\}_{\min} \right]^2 \cdot \frac{25}{K_r} \cdot 10^{-7}, \quad (19) \end{aligned}$$

де Δt_r — частка часу роботи світлофорного об'єкта в режимі жорсткого програмного регулювання впродовж доби, *од.*;

Δt_m — частка часу роботи світлофорного об'єкта в режимі жовтого миготіння (або вимкненого світлофорного об'єкта) впродовж доби, *од.*

Таким чином, формула (19) дає змогу розрахувати кількість ДТП за рік на пересіченні доріг в одному рівні зі світлофорним регулюванням. В формулі також враховано час роботи світлофорного об'єкта в різних режимах.

Оцінку тяжкості ДТП в методиці пропонується проводити за допомогою коефіцієнта тяжкості K_T , який становить відношення числа загиблих або поранених до загальної кількості ДТП [8]:

$$K_T \frac{(\sum n_y + \sum n_p)}{(\sum n_{\text{дтп}})}, \quad (20)$$

де $\sum n_y$ — кількість загиблих в ДТП;

$\sum n_p$ — кількість поранених в ДТП;

$\sum n_{\text{дтп}}$ — загальна кількість ДТП.

Представимо основне рівняння транспортного потоку [7], виразивши швидкість через кінетичну енергію, яка присутня в транспортному засобі на момент зіткнення:

$$N = q \cdot \sqrt{\frac{2E_K}{m}}, \quad (21)$$

де N — інтенсивність транспортного потоку, *авт./год.*;

q — щільність транспортного потоку, *авт./м.*;

E_K — кінетична енергія, присутня в транспортному засобі на момент зіткнення, *Дж*;

m — маса транспортного засобу, *кг*.

З великою долею достовірності можна стверджувати, що існує пряма пропорційність між показником тяжкості ДТП та кінетичною енергією, яка присутня в транспортному засобі на момент зіткнення, оскільки чим більше значення кінетичної енергії, тим більш значні наслідки ДТП, які виражаються кількістю загиблих та поранених [9]:

$$K_T \propto E_K. \quad (22)$$

Таким чином, формулу (21) можемо представити у вигляді:

$$N \propto q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}}, \text{ або} \\ N = q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}} \cdot a, \quad (23)$$

де a — коефіцієнт розмірності, *кг^{1/2} м/с*.

Підставимо (23) в (19), отримаємо:

$$G = K_p + K_n \cdot \left(q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}} \cdot a + q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}} \cdot a \right) \cdot 10^{-2} + \\ + \left[\sum_{i=1}^n K_i \cdot \left[\left[\left(\frac{q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}} \cdot a}{0,076} \right); \left(\frac{q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}} \cdot a}{0,076} \right) \right]_{\min}^2 \right] \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right] \cdot \Delta t_r + K_{II} + K'_{II} \cdot \sum_{i=1}^n \left(N_n^{\frac{1}{4}} \cdot q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}} \cdot a \right) + \\ + \Delta t_m \cdot \sum_{i=1}^{n_m} K_i \cdot \left[\left[\left(\frac{q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}} \cdot a}{0,076} \right); \left(\frac{q \cdot \sqrt{\frac{2K_T}{m}} \cdot a}{0,076} \right) \right]_{\min}^2 \right] \cdot \frac{25}{K_T} \cdot 10^{-7}. \quad (24)$$

Вирішимо рівняння (24) відносно K_T , отримаємо:

$$\begin{aligned}
K_T = \frac{m}{2} \cdot & \left(\frac{-K_n \cdot 2q \cdot a \cdot 10^{-2} - K'_n \cdot \sum_{i=1}^n (N_n^{\frac{1}{4}} \cdot q \cdot a)}{2 \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right) \right) \cdot \Delta t_r + \Delta t_m \cdot \sum_{i=1}^{n_m} K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right]} \right) + \\
& + \frac{\sqrt{\left(K_n \cdot 2q \cdot a \cdot 10^{-2} + K'_n \cdot \sum_{i=1}^n (N_n^{\frac{1}{4}} \cdot q \cdot a) \right)^2}}{2 \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right) \right) \cdot \Delta t_r + \Delta t_m \cdot \sum_{i=1}^{n_m} K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right]} \right) - \\
& - \frac{\sqrt{4 \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right) \right) \cdot \Delta t_r + \Delta t_m \cdot \sum_{i=1}^{n_m} K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right]}}{2 \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right) \right) \cdot \Delta t_r + \Delta t_m \cdot \sum_{i=1}^{n_m} K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right]} \right) \times \\
& \times \frac{\sqrt{(K_P + K_{II} - G)}}{2 \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left(K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right) \right) \cdot \Delta t_r + \Delta t_m \cdot \sum_{i=1}^{n_m} K_i \cdot \left[\left(\frac{q \cdot a}{0,076} \right)^2 \cdot \frac{25}{K_2} \cdot 10^{-7} \right]} \right)^2}. \quad (25)
\end{aligned}$$

Проведені дослідження дозволяють проводити розрахунок прогнозованої кількості ДТП на регульованому пересіченні за рік за допомогою формули (19), після чого слід розрахувати коефіцієнт тяжкості K_T за допомогою (25). Шкала оцінювання відповідає розробленій у [6].

Висновок

Таким чином, у роботі досягнуто мети щодо оцінки безпеки руху на пересіченнях до-ріг зі світлофорним регулюванням з урахуванням тяжкості ДТП. Що дозволяє проводити прогноз кількості та тяжкості ДТП за рік наступних видів:

- зіткнення під час злиття потоків;
- зіткнення під час пересічення лівоповоротного потоку з прямим;
- побіжний наїзд на транспортний засіб під час розділення потоків;
- наїзд на зупинений перед стоп-лінією транспортний засіб;
- наїзд на пішохода, який перетинає проїзну частину, рухаючись по пішохідному переходу.

Подальший розвиток досліджень

Розроблена методика потребує емпіричних досліджень з метою уточнення значень коефіцієнтів небезпеки конфліктних точок та подальшої експериментальної перевірки методики. Також, надалі, потрібно сформулювати порогові значення прогнозу кількості ДТП з метою розробки переліку необхідних заходів щодо підвищення безпеки руху.

Список літератури

1. Столяров А.Л. Нові підходи щодо покращення безпеки дорожнього руху / А.Л. Столяров // Автошляховик України. — 2007. — №6.
2. Редзюк А.М. Концепція державної програми підвищення безпеки дорожнього руху / А.М. Редзюк // Автошляховик України. Окремий випуск. — 2007. — №10. — С. 3-8.
3. Собакарь А.О. Освітня діяльність у сфері безпеки дорожнього руху: проблеми та напрямки удосконалення системи підготовки водіїв // Вісник Луганського державного університету внутрішніх справ. — 2006. — №3. — С. 216-224.
4. Зеркалов Д.В. Безпека руху автомобільного транспорту: довідник / Д.В. Зеркалов, П.Р. Левковец, О.І. Мельниченко, О.М. Дмитрієв. — К.: Основа, 2002. — 360 с.
5. Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог / Е.М. Лобанов, В.М. Визгалов, А.П. Шевякови др. — М.: Транспорт, 1972. — 232 с.
6. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: учебник для студентов вузов / Е.М. Лобанов. — М.: Транспорт, 1990. — 240 с.
7. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В.В. Сильянов. — М.: Транспорт, 1977. — 303 с.
8. Организация и безопасность дорожного движения: учебник для вузов / В.И. Коноплянко. — М.: Транспорт, 1991. — 183 с.
9. Илларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В.А. Илларионов. — М.: Транспорт, 1989. — 255 с.

Стаття надійшла до редакції 07.05.10
© Дудніков О.М., Сніцаренко К.С., 2010