

О. М. Дудніков, канд. техн. наук, доцент, А. В. Меженков

Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ

«Донецький національний технічний університет», м. Горлівка

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗМІНИ ПЛОЩІ КОНФЛІКТНИХ ОБЛАСТЕЙ РЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ З УРАХУВАННЯМ ЗМІН ІНТЕНСИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Розглянуто наукову проблему підвищення безпеки руху на пересіченнях доріг на одному рівні зі світлофорним регулюванням, у межах якої вирішується задача підвищення безпеки руху на вказаних перехрестях шляхом зменшення інтенсивності взаємодії транспортних потоків на площі та підходах до перехрестя. Розроблено теоретичні основи розкриття зміни інтенсивності взаємодії транспортних потоків характеристиками конфліктної площі в межах підходів та площі перехрестя з метою подальшого зменшення вказаної інтенсивності взаємодії із застосуванням мікроскопічного підходу до аналізу транспортних потоків.

Ключові слова: перехрестя доріг, потік транспортний, регулювання світлофорне, фаза регулювання

Постановка наукової проблеми та задачі, що вирішується

З усієї кількості дорожньо-транспортних пригод 67 % припадає на вулично-дорожню мережу міст [1]. У свою чергу аналіз статистичних даних свідчить, що 75 % дорожньо-транспортних пригод у містах відбувається на перехрестях [1]. У містах понад 80 % перехресть, де введено світлофорне регулювання, є місцями концентрації дорожньо-транспортних пригод [1].

За даними статистики дорожньо-транспортних пригод регулювання дорожнього руху за допомогою світлофорів скорочує кількість пригод приблизно на 15 % для примикань і приблизно на 30 % для перехресть. При цьому, розділення взаємодії транспортних потоків у часі забезпечує зменшення кількості конфліктних точок на 70–80 % [1], але кількісні показники аварійності зменшуються суттєво менш ніж вказані відсотки. З урахуванням того, що світлофорне регулювання зменшує інтенсивність взаємодії транспортних потоків на перехресті за рахунок їхнього розділення в часі, вказане невідповідне зменшення кількісних показників аварійності є результатом появи додаткових дорожньо-транспортних пригод за рахунок появи додаткових взаємодій транспортних потоків на підходах та площі перехрестя відповідно до технології світлофорного регулювання. Зазначене уособлює гіпотезу наукової задачі, що буде сформульована та вирішена надалі.

Таким чином, постає наукова задача щодо розробки теоретичних основ та відповідного методу підвищення безпеки руху зменшенням інтенсивності взаємодії транспортних потоків за вимогами світлофорного регулювання на перехрестях.

Аналіз останніх досліджень

Впровадження світлофорного регулювання на перехресті доріг та вулиць повинно передбачати наявність максимально безпечної взаємодії транспортних потоків у межах підходів та площі перехрестя, подальше збільшення інтенсивності взаємодії необхідно зменшувати впровадженням світлофорного регулювання та відповідним розділенням транспортних потоків у часі. Для забезпечення вказаних заходів зараз запропоновано використання критеріїв введення світлофорного регулювання.

© Дудніков О. М., Меженков А. В., 2012

Критерії введення світлофорної сигналізації, що побудовані на емпіричних дослідженнях, не завжди сприяють підвищенню ефективності управління та забезпеченню безпеки дорожнього руху. Подібні проблеми мають місце й у державах із розвинутим промислово-технічним потенціалом, але вони компенсують це, у більшості випадків, за рахунок розділу потоків у просторі [2]. Найкращі умови пропуску потоків на пересіченні, з погляду мінімуму затримок і максимуму безпеки руху, створюються поділом їх у просторі, тобто розв'язкою на різних рівнях [3]. Однак це дорогий спосіб. Він пов'язаний, як правило, з перебудовою всієї вулично-дорожньої мережі, зносом будинків, зведенням штучних споруджень, що вимагають значних витрат. Черговість пропуску транспортних засобів пов'язана з відповідними затримками на підходах до пересічення за рахунок руху транспортних потоків на конфліктних напрямках. Крім того, застосовувані методи розрахунку режимів світлофорного регулювання, що побудовані на емпіричних дослідженнях, при проектуванні світлофорних об'єктів дають нераціональні тривалості тактів, що збільшує затримки транспортних засобів та відповідне зменшення швидкості сполучення.

На формування безпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням за рахунок наявної інтенсивності взаємодії транспортних потоків безпосередньо впливає тривалість циклу роботи світлофорного об'єкта, яка, насамперед, вказує на інтенсивність чергування відповідних фаз та їх повторення впродовж години та доби в цілому.

Існуючі методи визначення тривалості циклів світлофора будуються лише на базі оцінки затримок транспортних засобів при проїзді перехрестя або виходячи із забезпечення роз'їзду повної черги транспортних засобів, що утворилася у відповідній стоп-лінії.

Аналіз розробок у з'ясуванні необхідної тривалості циклу необхідно почати з Т. М. Метсона, У. С. Сміта [2], що запропонували формулу визначення тривалості циклу, що побудована на затримках транспортних засобів:

$$T_y = 3600 \frac{\sum_{k=1}^n K_k}{3600 - \sum_{k=1}^n N_k \cdot D_k} = \frac{34200}{3600 - (N_1 + N_2) \cdot 2,1}, \quad (1)$$

де K_k – додаткова затримка кожного транспортного засобу, що стояв у черзі на заборонний сигнал, що виникла від приведення черги в рух, с [2];

D_k – інтервал зрушення з місця транспортного засобу, с [2];

n – кількість фаз у циклі, од.;

N_1, N_2 – інтенсивність руху за напрямками, які на пересіченні перетинаються, авт/год.

З погляду безпеки дорожнього руху формула не враховує вихідні параметри пішохідного руху на пересіченні, що є досить істотним спрощенням у технології пропуску транспортних потоків. Формула (1) не передбачає врахування необхідності наявності проміжних тактів у світлофорному регулюванні для звільнення площі перехрестя від транспортних засобів після відповідної фази регулювання.

Суттєві закордонні розробки щодо необхідності врахування та відповідного визначення проміжних тактів були представлені Ф. В. Вебстером, який запропонував наступну методику їх визначення. Сумарний втрачений час у циклі при русі транспортних засобів через пересічення буде дорівнювати [2]:

$$L = \sum_{i=1}^n t'_i, \quad (2)$$

де L – сумарний втрачений час у циклі при русі транспортних засобів, с;

t'_i – тривалість i -го проміжного такту, с;

n – кількість проміжних тактів, од.

Тривалість i -го проміжного такту пропонується розраховувати [2]:

$$t'_i = \tau_1 + \tau_2 - \tau_3 + 2, \quad (3)$$

де τ_1 – час проїзду (без зниження швидкості) відстані до стоп-лінії, що дорівнює гальмівному шляху, с:

$$\tau_1 = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot a^0}, \quad (4)$$

де V_a – швидкість транспортних засобів на підході до пересічення, км/год;

a^0 – сповільнення руху транспортних засобів, приймається рівним 3, м/с [2];

τ_2 – час проїзду відстані від стоп-лінії до самої далекої конфліктної точки з додаванням часу руху за довжиною транспортного засобу, с:

$$\tau_2 = \frac{(l_j + l_a) \cdot 3,6}{V_a}, \quad (5)$$

де l_j – відстань від стоп-лінії до самої далекої конфліктної точки, м (визначається на пересіченні);

l_a – габаритна довжина транспортних засобів, приймається рівною в середньому 6 м;

τ_3 – час із моменту включення зеленого такту в черговій фазі до моменту прибуття до далекої конфліктної точки, с [2]:

$$\tau_3 = \sqrt{\frac{2l}{a}}. \quad (6)$$

Тут же Вебстер рекомендує в розрахунку тривалості проміжного такту для лівоповоротного руху приймати швидкість рівною 25 км/год [2].

Призначення проміжного такту полягає в наданні тимчасової можливості звільнення площі пересічення не тільки тим транспортним засобам, що були наявні на ньому при жовтому сигналі, але й тим, які в останню секунду горіння зеленого сигналу перетинали стоп-лінію й не в змозі були зупинитися перед нею вчасно. Однак транспортні засоби, водії яких помітили цей сигнал на достатній відстані для зупинки перед стоп-лінією, зобов'язані зупинитися й чекати на такт, що дозволяє рух. Вказані аспекти в межах забезпечення безпеки руху не враховуються у формулах (2)...(6).

Метод розрахунку проміжного такту, що запропонований Вебстером, побудований на вимірах швидкостей руху в зоні пересічення й на підходах до нього, розрахунках, що складають модель параметрів і додавання до них двох секунд, що відбиває його емпіричну спрямованість, а також не відбиває сформованої практики проїзду пересічення в імовірнісному плані. На основі перерахованого вище можна зробити висновок, що між тривалістю циклу й сумарною величиною проміжних тактів жовтих сигналів існує лінійна залежність, що відбиває геометричні параметри пересічення.

Ю. А. Кременець продовжив дослідження Ф. В. Вебстера та запропонував оновлені залежності для розрахунку відповідних проміжних тактів, але більшість вказаних зауважень залишилися з відповідним відображенням у безпеці дорожнього руху.

З урахуванням указаних вище результатів аналізу пропонується сформулювати мету роботи.

Мета роботи

Метою роботи є розробка методики опису зміни інтенсивності взаємодії транспортних потоків за вимогами світлофорного регулювання зміною площі конфліктних областей на перехрестях доріг та вулиць.

Основна частина

З урахуванням розвитку вулично-дорожніх мереж міст в Україні можливо вказати на те, що найбільш розповсюдженим варіантом перехресть є перехрестя вулиць із двома смугами руху: по одній у кожному напрямку відповідно до кута перетину доріг, у цьому напрямку також спостерігається домінування перехресть із кутом перетину доріг близьким до 90 градусів. Тому пропонується в якості основного прикладу розглядати перехрестя доріг із двома смугами руху з кутом перетину доріг 90 градусів.

Вимоги світлофорного регулювання передбачають зупинку транспортних засобів на відповідні жовтий та червоний сигнали. Вказана вимога без світлофорного регулювання була практично відсутня, за виключенням випадків, коли була наявна необхідність виконувати маневр транспортним засобом другорядного напрямку з надання пріоритету проїзду транспортним засобам головного напрямку руху.

Зупинка транспортного потоку на певний час передбачає утворення черги транспортних засобів із місця нанесення дорожньої розмітки «стоп-лінія» на відповідній смузі руху. Кількість транспортних засобів у черзі може бути визначена за багатьма математичними моделями, які розроблені в [4]. Відповідно до безпеки руху спостерігаються відповідні негативні явища, що можуть бути причиною виникнення додаткових дорожньо-транспортних пригод за вказаним маневром, що також фіксується експериментально за даними [1].

До вказаних негативних явищ необхідно віднести ущільнення транспортного потоку при формуванні черги транспортних засобів та відповідне розповсюдження вказаного ущільнення на деяку відстань із відповідним розширенням підходів до перехрестя.

Пропонується за вказаними особливостями руху транспортних засобів на підходах до перехрестя ввести поняття ущільнення транспортного потоку на підходах до перехрестя зі світлофорним регулюванням.

«Ущільнення транспортного потоку на підходах до перехрестя зі світлофорним регулюванням» – зменшення до мінімального безпечного значення дистанцій між послідовними транспортними засобами при їх русі на підходах до перехрестя зі світлофорним регулюванням із відповідним зниженням швидкості руху до повної зупинки.

Ущільнення транспортного потоку, насамперед, розкривається в значному скороченні дистанцій між транспортними засобами з виконанням маневру службового гальмування [5]. Скорочення дистанцій до мінімальних, які відповідають нерухомій черзі, з погляду безпеки руху є явищем, яке є передумовою виникнення дорожньо-транспортної пригоди у вигляді побіжного зіткнення транспортних засобів. В умовах такого руху також спостерігаються ефекти виникнення та розповсюдження ударних хвиль за відповідними рядами руху транспортних потоків на підходах до перехрестя, що додатково може сприяти виникненню заторів [4].

Збільшення черги транспортних засобів із відповідними ущільненнями транспортного потоку обумовлює зростання площі конфліктних областей взаємодії транспортних засобів за межами площі перехрестя.

Додатково слід відмітити, що сформована черга транспортних засобів за заборонним сигналом світлофора відповідного напрямку, при включенні сигналу, який дозволяє рух, виконує рух через площу перехрестя у вигляді колонного руху через відповідні конфліктні точки у фазах регулювання. Колонний рух через відповідні конфліктні точки забезпечує

якісно новий рівень взаємодії в ній транспортних засобів та відповідних транспортних потоків.

Кількість взаємодій, за часом у відповідній фазі регулювання, відносно інтенсивностей руху транспортних засобів до конфліктних точок зростає та може сягати максимального значення у вигляді значення меншої з інтенсивностей руху до конфліктної точки. Спостерігається суттєве збільшення кількості взаємодій транспортних засобів у конфліктних точках за фазами регулювання у відповідні значення часу.

Пропонується за вказаними особливостями роз'їзду транспортних засобів у конфліктних точках за фазами регулювання ввести поняття інтенсивності взаємодій у відповідній конфліктній точці.

«Інтенсивність взаємодій у конфліктній області» – кількість пар транспортних засобів, що взаємодіють, при роз'їзді в конфліктній області за одиницю часу впродовж відповідної фази світлофорного регулювання.

Збільшення інтенсивності взаємодій у відповідних конфліктних областях указує на збільшення небезпеки виникнення дорожньо-транспортної пригоди при проїзді через них. Необхідно відмітити, що у вказаних умовах виникають додаткові ускладнення роз'їзду транспортних засобів у вигляді суттєвого зниження швидкостей руху при під'їзді до конфліктних областей взаємодії. Виникають також відповідні ущільнення руху сукупностей транспортних засобів у межах площі та підходів перехрестя, що збільшує небезпеку виникнення дорожньо-транспортної події.

З урахуванням вказаного, синтезуємо три групи негативних наслідків введення або змін світлофорного регулювання з метою подальшого дослідження:

- зміна площі конфліктних областей взаємодій транспортних засобів на підходах до перехрестя та при конфліктних точках за фазами регулювання;

- додаткове ущільнення транспортних потоків на підходах до перехрестя з урахуванням вимоги повної зупинки транспортних засобів на заборонні сигнали при роботі світлофорного об'єкта;

- збільшення інтенсивності взаємодій транспортних засобів у відповідних конфліктних областях за фазами регулювання.

Для проведення детального аналізу збільшення площі конфліктних областей на підходах та площі перехрестя за фазами регулювання необхідно розглянути відповідні схеми руху на перехресті:

- режим жовтого миготіння або вимкненого світлофорного об'єкта;

- режим програмної роботи світлофорного об'єкта за фазами регулювання.

Площа конфліктних областей за кожною схемою роз'їзду транспортних засобів на перехресті змінюється в просторі та часі. Загальна тенденція зміни площі конфліктних областей на перехресті полягає в збільшенні вказаної площі на підходах до перехрестя при зменшенні конфліктної площі в межах площі перехрестя.

Пропонується ввести характеристику конфліктної області для кожної конфліктної точки у відповідних схемах дозволеного руху за фазами регулювання на площі перехрестя зі світлофорним регулюванням у вигляді площі конфліктної області за наступними залежностями:

- «1» точки розділення транспортного потоку праворуч, ліворуч та прямо з урахуванням конфліктної області на підходах перехрестя з відповідними геометричними припущеннями:

$$S_{li} = L_i \cdot B_{L_i} + l_{pi} \cdot b_{pi} + \frac{1}{2} (l_{ri} \cdot b_{ri} + l_{ni} \cdot b_{ni}), \quad (7)$$

де S_{li} – площа конфліктної області групи точок розділення транспортного потоку праворуч, ліворуч та прямо з урахуванням конфліктної області на підходах перехрестя, м²;

L_i – відстань від границі площі проїзної частини перехрестя до місця початку ущільнення транспортного потоку на підходах до перехрестя відповідного напрямку, м;

$l_{p_i}, l_{r_i}, l_{n_i}$ – відстані руху транспортного засобу при виконанні ним маневрів відповідно: рух прямо, праворуч та ліворуч на площі перехрестя до моменту розділення коридорів руху на окремі, м; отримуються за графічними побудовами;

$B_{L_i}, b_{p_i}, b_{r_i}, b_{n_i}$ – динамічні габарити транспортного засобу при виконанні ним маневрів відповідно: рух прямо на підходах до перехрестя, рух прямо, праворуч та ліворуч на площі перехрестя, м; розраховуються за методиками [6]:

$$\begin{aligned} B_{L_i} &= 0,054 \cdot \bar{V}_{L_i} + \bar{B}_{al_i} + 0,3, \\ b_{p_i} &= 0,054 \cdot \bar{V}_{p_i} + \bar{B}_{ap_i} + 0,3, \\ b_{r_i} &= \sqrt{\left(R_{r_i} + 0,027 \cdot \bar{V}_{r_i} + 0,5 \cdot \bar{B}_{ar_i} + 0,15\right)^2 + \left(\bar{L}_i + \bar{C}_i\right)^2} - R_{r_i} + 0,027 \cdot \bar{V}_{r_i} + 0,5 \cdot \bar{B}_{ar_i} + 0,15, \\ b_{n_i} &= \sqrt{\left(R_{n_i} + 0,027 \cdot \bar{V}_{n_i} + 0,5 \cdot \bar{B}_{an_i} + 0,15\right)^2 + \left(\bar{L}_i + \bar{C}_i\right)^2} - R_{n_i} + 0,027 \cdot \bar{V}_{n_i} + 0,5 \cdot \bar{B}_{an_i} + 0,15, \end{aligned}$$

де \bar{V}_{L_i} – середня швидкість транспортних засобів у межах i -ої конфліктної області на підходах до перехрестя, м/с;

\bar{B}_{al_i} – середня габаритна ширина транспортних засобів у межах i -ої конфліктної області на підходах до перехрестя, м;

$\bar{V}_{p_i}, \bar{V}_{r_i}, \bar{V}_{n_i}$ – середня швидкість транспортних засобів у межах i -ої конфліктної області на площі перехрестя при русі відповідно: прямо, праворуч та ліворуч, м/с;

$\bar{B}_{ap_i}, \bar{B}_{ar_i}, \bar{B}_{an_i}$ – середня габаритна ширина транспортних засобів у межах i -ої конфліктної області на площі перехрестя, що рухаються відповідно: прямо, праворуч та ліворуч, м;

R_{r_i}, R_{n_i} – радіуси траєкторій виконання маневрів руху праворуч та ліворуч, м;

– «2» точки розділення транспортного потоку праворуч та прямо з урахуванням конфліктної області на підходах перехрестя з відповідними геометричними припущеннями:

$$S_{2i} = L_i \cdot B_{L_i} + l_{p_i} \cdot b_{p_i} + \frac{1}{2} \cdot l_{r_i} \cdot b_{r_i}, \quad (8)$$

де S_{2i} – площа конфліктної області групи точок розділення транспортного потоку праворуч та прямо з урахуванням конфліктної області на підходах до перехрестя, м²;

– «3» точки злиття транспортних потоків із поворотів праворуч та ліворуч із відповідними геометричними припущеннями:

$$S_{3i} = \left(\frac{b_{r_i} + b_{n_i}}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}(l_{r_i} \cdot b_{r_i} + l_{n_i} \cdot b_{n_i}), \quad (9)$$

де S_{3i} – площа конфліктної області точок злиття транспортних потоків із поворотів праворуч та ліворуч, м²;

– «4» точки пересічення транспортних потоків, що рухаються праворуч, ліворуч та прямо на площі перехрестя з відповідними геометричними припущеннями:

$$S_{4i} = \frac{b_{p,r,n_i} \cdot b_{n,p,r_i}}{\cos(\pm\alpha \mp 90)}, \quad (10)$$

де S_{4i} – площа конфліктної області точки пересічення транспортних потоків, що рухаються

праворуч, ліворуч та прямо на площі перехрестя, м²;

α – кут пересічення траєкторій руху транспортних потоків, град.; знаки верхні приймаються в разі пересічення при тупому куті, знаки нижні приймаються в разі пересічення при гострому куті;

– «5» області ущільнення транспортних потоків, що рухаються окремо для виконання індивідуального маневру руху праворуч, ліворуч та прямо на площі перехрестя з відповідними геометричними припущеннями:

$$S_{5i} = L_i \cdot B_{L_i}, \quad (11)$$

де S_{5i} – площа області ущільнення транспортних потоків, що рухаються окремо для виконання індивідуального маневру руху праворуч, ліворуч та прямо на площі перехрестя, м².

З урахуванням вказаних вище особливостей формування конфліктних областей, необхідно до формули, що оцінює зміни конфліктних областей, ввести поправочний коефіцієнт, який би враховував час існування відповідної схеми дозволеного руху за фазами регулювання, в якій проводиться підрахунок відповідної площі конфліктних областей.

Відносно до запропонованого підходу, отримаємо наступну формулу розрахунку скорегованого значення площі конфліктних областей за часом їх існування впродовж роботи світлофорного об'єкта:

$$(S_{1...5i})_j = \Delta t_j \cdot (\sum S_{1...5i})_j, \quad (12)$$

де Δt_j – частка часу існування схеми дозволеного руху за відповідною фазою регулювання впродовж роботи світлофорного об'єкта протягом доби, од.;

j – номер схеми дозволеного руху, в якій розраховується площа конфліктних областей у межах вказаної схеми роз'їзду за фазами регулювання.

У режимі жорсткого програмного регулювання на площі пересічення формується декілька схем дозволеного руху, що по чергово змінюються. Кількість схем дозволеного руху відповідає кількості фаз регулювання, яка закладена в роботу світлофорного об'єкта.

Тоді з урахуванням значення (12) для режиму роботи світлофорного об'єкта за жорстким програмним регулюванням скореговане значення площі конфліктних областей за часом їх існування впродовж роботи світлофорного об'єкта буде розраховуватися за наступною залежністю:

$$S_r = \sum_{j=1}^{\Phi} \left[\Delta t_j \cdot (\sum S_{1...5i})_j \right], \quad (13)$$

де S_r – скореговане значення площі конфліктних областей за часом їх існування впродовж роботи світлофорного об'єкта в режимі жорсткого програмного регулювання, м²;

Φ – кількість фаз регулювання світлофорного об'єкта, од.;

Δt_j – частка сумарного часу існування j -ої фази регулювання впродовж роботи світлофорного об'єкта протягом доби, од.:

$$\sum_{j=1}^{\Phi} \Delta t_j = 1. \quad (14)$$

Значення (13) необхідно скорегувати до рівня врахування частки часу роботи світлофорного об'єкта в режимі жорсткого програмного регулювання впродовж доби:

$$S_{pr} = \Delta t_{pr} \cdot \sum_{j=1}^{\Phi} \left[\Delta t_j \cdot (\sum S_{1...5i})_j \right], \quad (15)$$

де Δt_{pr} – частка часу роботи світлофорного об'єкта в режимі жорсткого програмного регу-

лювання впродовж доби, од.:

$$\Delta t_{pr} = \frac{t_{pr}}{24}, \quad (16)$$

де t_{pr} – час роботи світлофорного об'єкта в режимі жорсткого програмного регулювання впродовж доби, год.

У режимі відсутності світлофорного регулювання (жовте миготіння або вимкнений світлофорний об'єкт) 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.

З урахуванням значення (16) для роботи світлофорного об'єкта в режимі жовтого миготіння (або вимкнений світлофорний об'єкт) скореговане значення площі конфліктних областей за часом існування вказаного режиму протягом доби буде розраховуватися за наступною залежністю:

$$S_g = \Delta t_g \cdot \sum S_{1...5i}, \quad (17)$$

де S_g – скореговане значення площі конфліктних областей за часом їх існування впродовж режиму жовтого миготіння (або вимкненого світлофорного об'єкта), м²;

Δt_g – частка часу роботи світлофорного об'єкта в режимі жовтого миготіння (або вимкненого світлофорного об'єкта) впродовж доби, од.:

$$\Delta t_g = \frac{t_g}{24}, \quad (18)$$

$$\Delta t_{pr} + \Delta t_g = 1,$$

t_g – час роботи світлофорного об'єкта в режимі жовтого миготіння впродовж доби, год.

Формули (7)...(18) дозволяють розрахувати загальне скореговане значення площі конфліктних областей за часом їх існування впродовж доби за режимами роботи світлофорного об'єкта у вигляді просторово-часової характеристики площі конфліктних областей перехрестя зі світлофорним регулюванням на одному рівні:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{S} = S_{pr} + S_g = \Delta t_{pr} \cdot \sum_{j=1}^{\Phi} \left[\Delta t_j \cdot (\sum S_{1...5i})_j \right] + \Delta t_g \cdot \sum S_{1...5i}, \\ \sum_{j=1}^{\Phi} \Delta t_j = 1, \\ \Delta t_{pr} + \Delta t_g = 1, \\ S_{1i} = L_i \cdot B_{L_i} + l_{p_i} \cdot b_{p_i} + \frac{1}{2} (l_{r_i} \cdot b_{r_i} + l_{n_i} \cdot b_{n_i}), \\ S_{2i} = L_i \cdot B_{L_i} + l_{p_i} \cdot b_{p_i} + \frac{1}{2} \cdot l_{r_i} \cdot b_{r_i}, \\ S_{3i} = \left(\frac{b_{r_i} + b_{n_i}}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} (l_{r_i} \cdot b_{r_i} + l_{n_i} \cdot b_{n_i}), \\ S_{4i} = \frac{b_{p,r,n_i} \cdot b_{n,p,r_i}}{\cos(\pm\alpha \mp 90)}, \\ S_{5i} = L_i \cdot B_{L_i}. \end{array} \right. \quad (19)$$

Відповідно до залежностей (19), зміну інтенсивності взаємодії транспортних потоків у межах підходів до площі перехрестя необхідно оцінювати прямо пропорційно змінам просторово-часової характеристики площі конфліктних областей перехрестя зі світлофорним регулюванням, а інтенсивність взаємодій транспортних потоків, як було з'ясовано в роботах [7], прямо пропорційна кількісним характеристикам аварійності, що відповідним чином розкриває безпеку руху.

Висновки

Таким чином, був проведений аналіз змін площі території конфліктних взаємодій транспортних засобів на підходах до площі перехрестя та на підходах до конфліктних областей за інтенсивністю взаємодій транспортних потоків у фазах світлофорного регулювання. З'ясовано, що конфліктні області мають змінний характер свого існування впродовж доби.

Запропоновано ввести просторово-часову характеристику конфліктної площі перехрестя зі світлофорним регулюванням на одному рівні, яка враховує безпосередньо площі конфліктних областей та відповідні частки часу їх існування протягом доби, шляхом поділу часу доби на два періоди роботи світлофорного об'єкта та знаходження його в режимі жовтого миготіння або вимкненого та поділу часу за часом окремих фаз регулювання.

Надалі необхідно синтезувати відповідний критерій оцінки та підвищення безпеки дорожнього руху зменшенням інтенсивності взаємодій транспортних потоків при світлофорному регулюванні.

Список літератури

1. Справочник по безопасности дорожного движения, обзор мероприятий по безопасности дорожного движения / под ред. В. В. Сильянова. – ОСЛО-МОСКВА-ХЕЛЬСИНКИ, 2001. – 576 с.
Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya, obzor meropriyatiy po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya (Traffic safety reference book, traffic safety events review) / pod red. V. V. Silyanova. – OSLO-MOSKVA-HELSINKI, 2001. – 576 s.
2. Безпека руху автомобільного транспорту: довідник / Д. В. Зеркалов, П. Р. Левковец, О. І. Мельниченко, О. М. Дмитрієв. – К.: Основа, 2002. – 360 с.
Bezpeka rukhu avtomobilnogo transport: dovidnyk (Traffic safety: reference book) / D. V. Zerkalov, P. R. Levkovets, O. I. Melnichenko, O. M. Dmitriyev. – K.: Osnova, 2002. – 360 s.
3. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 255 с.
Kremenets Yu. A. Tekhnicheskiye sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya (Traffic management facilities) / Yu. A. Kremenets, M. P. Pecherskiy, M. B. Afanasyev. – M.: IKTS «Akademkniga», 2005. – 255 s.
4. Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клинковштейн, В. И. Коноплянко. – М.: МАДИ, 1977. – 60 с.
Klinkovshteyn G. I. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya (Road traffic management) / G. I. Klinkovshteyn, V. I. Konoplyanko. – M.: MADI, 1977. – 60 s.
5. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
Dryu D. Teoriya transportnykh potokov i upravleniye imi (The theory of traffic control) / D. Dryu. – M.: Transport, 1972. – 424 s.
6. Иларионов В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В. А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 255 с.
Parionov V. A. Ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy (The road traffic accidents expert review) / V. A. Parionov. – M.: Transport, 1989. – 255 s.
7. Афанасьев Л. Л. Конструктивная безопасность автомобиля / Л. Л. Афанасьев, А. Б. Дьяков, В. А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1983. – 212 с.

Afanasyev L. L. *Konstruktivnaya bezopasnost avtomobilya* (The constructive automobile safety) / L. L. Afanasyev, A. B. Dyakov, V. A. Parionov. – М.: Mashinostroyeniye, 1983. – 212 s.

8. Лобанов Е. М. *Транспортная планировка городов* / Е. М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.

Lobanov E. M. *Transportnaya planirovka gorodov* (The transport urban planning) / E. M. Lobanov. – М.: Транспорт, 1990. – 240 s.

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

Стаття надійшла до редакції 13.11.12

A. N. Dudnikov, A. V. Mezhenkov

Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ

«Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Формализация изменения площади конфликтных областей регулируемого перекрестка с учетом изменений интенсивности взаимодействия транспортных потоков

Рассмотрена научная проблема повышения безопасности движения на пересечениях дорог на одном уровне со светофорным регулированием, в пределах которой решается задача повышения безопасности движения на указанных перекрестках путем уменьшения интенсивности взаимодействия транспортных потоков на площади перекрестка и подходах к нему. Разработаны теоретические основы раскрытия изменения интенсивности взаимодействия транспортных потоков характеристиками конфликтной площади в пределах подходов и площади перекрестка с целью дальнейшего уменьшения указанной интенсивности взаимодействия с применением микроскопического подхода к анализу транспортных потоков.

ПЕРЕКРЕСТОК ДОРОГ, ПОТОК ТРАНСПОРТНЫЙ, РЕГУЛИРОВАНИЕ СВЕТОФОРНОЕ, ФАЗА РЕГУЛИРОВАНИЯ

A. N. Dudnikov, A. V. Mezhenkov

Automobile Transport and Highway Engineering Institute of

Donetsk National Technical University, City of Gorlovka

Change Formalization of Territory of Signaled Crossing Conflict Areas Including Intensity Changes of Traffic Flows Interactive Process

The problem of improving safety of traffic on crossroads at one level with signal control is observed. The traffic segregation in time provides a significant decrease of the quantity of conflict areas, but there is an insignificant decrease of the accidents rate. Due to the fact that the signal control decreases the intensity of the interactive process of traffic flows on the crossroad, the improper decrease of accident rate qualitative indicators is the result of the occurrence of other accident rates because of the occurrence of the complementary interactive processes of traffic flows at the crossroad approaches and territory. The analysis of transport vehicles conflict interactive processes territory area changes at the crossroad approaches and territory on the intensity of the interactive process of the traffic flows in signal control phases is made. The conflict areas are found out to have a variable nature of their existence during the day. It is suggested to fix the spatio-temporal parameter of the conflict area of the crossroad with signal control at one level. Due to the parameter we can take into account the conflict areas territories and relevant parts of time of their existence during the day by way of sign of the time of the day on two periods: set of traffic lights performance, and its staying during the yellow light blinking or disconnected mode, and the sign of the time of the set of traffic lights performance in time of working off of certain phases control.

CROSSROADS, TRAFFIC FLOW, SIGNAL CONTROL, PHASE CONTROL