

УДК 656.13.022

В. ЄРЕСОВ, кандидат технічних наук
Я. РЯБЕЦЬ

УДОСКОНАЛЕНІ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ПОТЕНЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

***Анотація.** У статті проаналізовано та дано оцінку дослідженням що проводилися різними вченими при оцінці рівнів складності транспортних вузлів, визначені їх переваги та недоліки. Викладені результати власних досліджень, які покладено в основу удосконалених і зручних методик оцінки потенційної конфліктності перехресть, що пропонуються для застосування в наукових та практичних цілях.*

Вступ

При вирішенні сучасних проблем удосконалення організації дорожнього руху разом з підвищенням ефективності дорожнього руху (забезпеченням необхідної швидкості руху, зменшення непродуктивних транспортних затримок під час руху тощо) значну увагу приділяють питанням підвищення безпеки руху транспортних засобів і пішоходів. Необхідне співвідношення між цими двома вимогами (стан дорожнього руху) визначається співвідношенням дорожніх умов і транспортних потоків (ДУ – ТП), що складається під впливом обмежень вулично-дорожньої мережі та погодних умов. Природно, що удосконалення організації дорожнього руху повинно забезпечувати як достатній рівень безпеки дорожнього руху, так і необхідний рівень обслуговування учасників руху, що в решті, і визначатиме ефективність дорожнього руху.

Очевидно, що одночасне забезпечення таких різнобічних, підчас протилежних вимог є досить складною задачею і повинно вирішуватися на основі певних чисельних характеристик, що визначають у тій або іншій мірі вище зазначені вимоги. Доцільним при цьому є формулювання певних комплексних критеріїв, що здатні адекватно оцінювати і компромісно задовольняти різні вимоги до умов дорожнього руху.

Основний матеріал досліджень

Аспект проблеми, пов'язаний з підвищенням ефективності дорожнього руху, особливо у частині оцінки пропускної здатності елементів ВДМ, непродуктивних затримок транспортних засобів, швидкісного режиму тощо, на сьогодні має солідне теоретичне обґрунтування і численні практичні методи реалізації [1, 2]. Але інший аспект проблеми, пов'язаний з оцінкою рівня безпеки руху, на сьогодні слід вважати недостатньо розробленим, оскільки існуючі практичні методи мають доволі примітивний характер. У зв'язку з цим в даному напрямі необхідне проведення додаткових досліджень з метою розробки більш універсальних критеріїв і методів оцінки умов безпеки руху.

Особливо цікавими в цьому контексті є методи кількісної оцінки потенційної небезпеки елементів ВДМ, побудовані на аналізі конфліктних зон і точок взаємодії транспортних засобів і пішоходів залежно від траєкторій і умов їх руху [4]. Методи визначення потенційної конфліктності мають ту перевагу, що не потребують ретроспективного постфактумного аналізу аварійності на об'єкті дослідження, а на базі топографічного аналізу схеми руху (або проектних рішень) дозволяють робити висновки щодо рівня

безпеки існуючих чи проектних рішень, а також порівнювати варіанти схем організації дорожнього руху. Серед них найбільш поширеним є метод оцінки складності вузлів ВДМ, запропонований Ф. Раппопортом і удосконалений М.С. Фішельсоном, що полягає в розрахунку ступеня складності вузла за сумарною кількістю трьох типів конфліктних точок (розгалуження, злиття і пересічення) на чотири градації: простий, середньої складності, складний та особливо складний.

Треба відзначити, що принциповий підхід такого роду дозволяє застосувати його для ширшого кола задач організації та безпеки дорожнього руху, наприклад, для структурної і безпекової оптимізації циклу світлофорного регулювання при розрахунку режимів світлофорних об’єктів. Відомі спроби такого застосування [3], але зручність і ефективність методу ускладнюється трьома обставинами. По-перше, запропонована кількість конфліктних точок явно замала. Слід розширити їх спектр і, головне, ввести типи конфліктних точок транспортних засобів з пішоходами. По-друге, слід уточнити адекватні значення коефіцієнтів ваги існуючих і визначити коефіцієнти додаткових конфліктних точок на основі достатньо глибокого дослідження статистики аварійності. По-третє, ступень конфліктності очевидно повинен залежати від інтенсивності руху транспорту і пішоходів, що і треба дослідити.

Задача може бути вирішена шляхом, запропонованим канадськими дослідниками в [5], де на базі прогнозуючого поліному залежно від типу конфліктів розраховувалась залежність кількості ДТП, які можуть виникнути на перехресті, від інтенсивності руху транспортних засобів з метою визначення математичних рівнянь, які моделюють той чи інший вид ДТП на перехресті за кожного із запропонованих схем. На підставі цього, пропонується ввести величину – очікувана кількість ДТП на перехресті за одиницю часу. В результаті досліджень були визначені види рівнянь (Табл.1), які дозволяють визначити очікувану кількість ДТП на перехресті для кожної із запропонованих 15 схем у різні інтервали часу протягом доби. Ці рівняння визначають залежність очікуваної кількості ДТП на перехресті від інтенсивності руху транспортних засобів у відповідних напрямках. Були проведені дослідження по визначенню необхідних числових коефіцієнтів, які корегують показник очікуваної кількості ДТП залежно від проміжків часу, які досліджувалися.

Весь цей масив даних зведений в загальну таблицю, в зручному для подальшої обробки даних (Табл.1). На основі цих досліджень були побудовані схеми для кожного маневру. Для кожної конфліктної ситуації розраховується свій ступінь конфліктності, а небезпечність даного маневру визначається відповідним коефіцієнтом.

Таблиця 1

Очікувана кількість ДТП на перехресті в різні інтервали часу

Тип конфліктної точки	Модель	Період доби	Коефіцієнти			
			b_0	b_1	b_2	k
			1	$n = b_0 \times N$	ранковий пік вечірній пік між пік світлий час доби	$0,1655 \times 10^{-6}$ $0,2178 \times 10^{-6}$ $0,2164 \times 10^{-6}$ $0,1655 \times 10^{-6}$
2	$n = b_0 \times N$	ранковий пік вечірній пік між пік світлий час доби	$0,0987 \times 10^{-6}$ $0,0933 \times 10^{-6}$ $0,1080 \times 10^{-6}$ $0,1014 \times 10^{-6}$			1,49 0,94 4,15 1,97

4	$n = b_0 \times N_2$	ранковий пік вечірній пік між пік світлий час доби	$1,9020 \times 10^{-6}$ $1,4127 \times 10^{-6}$ $9,7329 \times 10^{-6}$ $8,1296 \times 10^{-6}$		0,1536 0,6044 0,3860 0,3662	2,65 2,33 3,38 5,61
6	$n = b_0 \times N_1 \times N_2$	ранковий пік вечірній пік між пік світлий час доби	$0,0283 \times 10^{-6}$ $0,0940 \times 10^{-6}$ $0,0718 \times 10^{-6}$ $0,0418 \times 10^{-6}$		0,5136 0,3091 0,4127 0,4634	1,39 2,70 2,20 2,10
3	$n = b_0 \times N_2$	світлий час доби	$8,6129 \times 10^{-9}$		1,0682	1,20
5	$n = b_0 \times N_1 \times N_2$	світлий час доби	$0,3449 \times 10^{-6}$	0,1363	0,6013	1,20
7	$n = b_0 \times N_1 \times N_2$	світлий час доби	$0,2113 \times 10^{-6}$	0,3468	0,4091	1,20
8	$n = b_0 \times N_2$	світлий час доби	$2,6792 \times 10^{-6}$		0,2476	1,20
9	$n = b_0 \times N^b$	світлий час доби	$6,9815 \times 10^{-9}$	1,4892		1,20
10	$n = b_0 \times N_2$	світлий час доби	$5,590 \times 10^{-12}$		2,7862	1,20
11	$n = b_0 \times N_1 \times N_2$	світлий час доби	$1,3012 \times 10^{-9}$	1,1432	0,4353	1,20
12	$n = b_0 \times N_1 \times N_2$	світлий час доби	$0,0106 \times 10^{-6}$	0,6135	0,7858	1,20
13	$n = b_0 \times N_1 \times N_2$	світлий час доби	$0,4846 \times 10^{-6}$	0,2769	0,4479	1,20
14	$n = b_0 \times N_1 \times N_2$	світлий час доби	$1,7741 \times 10^{-6}$	1,1121	0,5467	1,20
15	$n = b_0 \times N^b$	світлий час доби	$0,5355 \times 10^{-6}$	0,4610		1,20

На жаль, метод, запропонований у [5], знов-таки не розглядає конфліктні точки з пішоходами, хоча відомо, що у великих містах пішоходи складають до 50 % усіх постраждалих в ДТП, а в менш великих та середніх – більше третини (ще контрастніше це проявляється при аналізі загиблих ДТП). З іншого боку, коефіцієнти b_i і k потребують обов’язкової корекції для умов руху в Україні, як, можливо, і вигляд прогнозуючих рівнянь, тобто – проведення спеціальних додаткових досліджень.

З цих позицій здається прийнятною пропозиція застосування методу, розробленого в МАДІ для оцінки рівня безпеки схем організації дорожнього руху, який є порівняно нескладним і позбавлений указаних недоліків. Кожна з конфліктних точок (розгалуження, злиття, пересічення) характеризується відповідним індексом, а також інтенсивністю певних сполучень транспортних або пішохідних потоків (по 2, кожного з кожним). При цьому сумарне значення коефіцієнта конфліктності γ_k , розраховується за формулою:

$$\gamma_k = 1 \sum_{ij} \frac{N_{ip} N_{jp}}{(N_{ip} + N_{jp})^2} + 3 \sum_{ij} \frac{N_{ic} N_{jc}}{(N_{ic} + N_{jc})^2} + 5 \sum_{ij} \frac{N_{io} N_{jo}}{(N_{io} + N_{jo})^2}, \quad (1)$$

де: N_{ip}, N_{jp} - відповідно інтенсивності потоків i та j , що утворюють конфліктну точку розгалуження, авт/год;

N_{ic}, N_{jc} - відповідно інтенсивності потоків i та j , що утворюють конфліктну точку зливання, авт/год ;

N_{io}, N_{jo} - відповідно інтенсивності потоків i та j , що утворюють конфліктну точку пересічення, авт/год.

Конфліктні точки пересічень транспортних і пішохідних потоків рекомендується враховувати третім членом формули (1); при цьому у формулу підставляються значення інтенсивності пішохідного руху (у 2-х напрямках), зменшене в 4 рази.

З метою розробки удосконалених адекватних методів оцінки потенційної конфліктності дорожнього руху на елементах ВДМ були проведені поетапні дослідження доро-

жньо-транспортних пригод топографічного характеру. Дослідження проводилися на основі офіційних статистичних даних аварійності на перехрестях по магістральних вулицях в 22 обласних центрах України за період з 1999 по 2003 рік. Обсяг вибірки становить понад 1000 перехресть.

Основна увага приділялася топографії ДТП, напрямкам руху транспортних засобів та пішоходів до зіткнення чи наїзду та іншими факторам що обумовлювали виникнення ДТП. Узагальнені дані лягли в основу формування основних типів взаємодії транспортних засобів та пішоходів, що виникають частіше всього.

У результаті авторами були виділені вісім типів конфліктних точок (Рис. 1), при цьому чотири з них – з пішоходами і чотири – з транспортними засобами:

а – перехрещення транспортних потоків. Дана конфліктна точка утворюється внаслідок руху транспортних засобів у перпендикулярних один до одного напрямках. Як правило, найбільш типовим видом ДТП для даної КТ є зіткнення транспортних засобів. За даними авторів частота виникнення ДТП в цій конфліктній точці є найбільш високою і становить 20,6 %. При цьому тяжкість таких ДТП внаслідок великих швидкостей транспортних засобів, як правило, теж найбільш висока. У загальному випадку тяжкість наслідків залежить від кута між транспортними засобами [1].

б – злиття транспортних потоків. Конфліктна точка утворюється внаслідок перешикування чи повороту транспортних засобів на спільну смугу руху. За частотою показник аварійності в цих конфліктних точках становить 14,8 %. Як правило, дана конфліктна точка виникає при інтенсивному русі транспортних засобів.

с – розгалуження транспортних потоків. Дорожньо-транспортні пригоди, що виникають в цій конфліктній точці, є найбільш рідкими. Відсоток виникаючих у цій конфліктній точці ДТП становить 1,5 %.

д – зіткнення транспортних засобів перед стоп-лінією. Конфліктна точка d характерна для перехресть зі світлофорним регулюванням. Найбільш типові умови виникнення ДТП у цій конфліктній точці – це екстрене гальмування автомобіля перед світлофором і наїзд на нього транспортного засобу, що їде за ним. Виникнення ДТП у цій КТ є досить поширеним й становить 10,7 % від загального.

е – перехрещення пішохідних і транспортних потоків при в'їзді останніх на перехрестя. Даний вид конфліктної точки має місце на початку перехрестя при наїзді автомобіля на пішохода, який переходить проїзну частину. Статистка свідчить, що ДТП, які виникають в цій конфліктній точці, становлять 12,6 %.

ф – перехрещення пішохідних і транспортних потоків при виїзді останніх із перехрестя. ДТП, які виникають в цій конфліктній точці, займають найбільший відсоток серед усіх конфліктних точок й становлять 24,4 % від загального. Такий високий показник аварійності, на думку авторів, має місце внаслідок сприйняття водієм при переїзді перехрестя значного обсягу інформацій й пониження через це його уваги.

г – перехрещення пішохідних і транспортних потоків при повороті останніх праворуч. Конфліктна точка утворюється при повороті транспортних засобів праворуч і відсотковий розподіл ДТП у ній становить 8,6 %.

h – перехрещення пішохідних і транспортних потоків при повороті останніх ліворуч. Конфліктна точка h займає найнижчий показник аварійності серед конфліктних точок з пішоходами, оскільки в схемах організацій дорожнього руху на перехрестях часто має місце заборона лівоповоротних маневрів. Відсоток ДТП у ній становить 6,5 %.

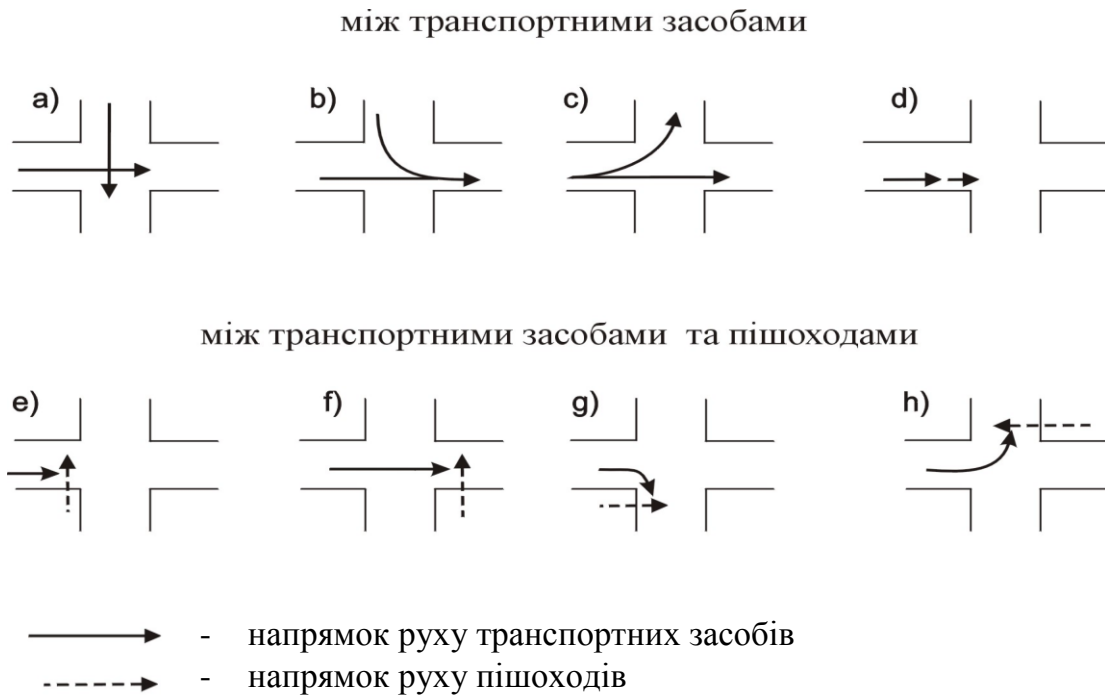


Рис. 1. Типи конфліктних точок, що пропонуються для розрахунків складності перехресть

Проведені протягом 5 останніх років статистичні дослідження щодо рівнів аварійності у запропонованих конфліктних точках на вулично-дорожній мережі ряду обласних центрів України виявили певні закономірності і дозволили визначити адекватні значення коефіцієнтів ваги, приведені в [4]. Паралельно проведений експеримент серед учасників дорожнього руху, а саме серед водіїв транспортних засобів з різним стажем роботи, дозволив провести рангування різних дорожніх ситуацій на перехресті в порядку зростання їх складності. При зіставленні рядів коефіцієнтів КТ, отриманих авторами при проведенні різних досліджень (Таблиця 2), потрібно відзначити, що найбільший відсоток як при статистичних дослідженнях аварійності так і при апріорному рангуванні припадає на конфліктні точки між транспортними засобами та пішоходами. Так максимальний відсоток у 2-х із 4-х рядів досліджених КТ отримала конфліктна точка K_f (пересічення пішохідних та транспортних потоків при виїзді останніх із перехрестя).

Таблиця 2

Коефіцієнти конфліктних точок, отримані в результаті досліджень

Типи КТ	Коефіцієнти складності та небезпечності конфліктних точок						
	За Раппопортом та Фишельсоном	За Лобановим	За Хопером, Джері та ін.	За проведеними авторами дослідженнями			
				За частотою ДТП	За кількістю загиблих	За кількістю поранених	За методом експертних оцінок
K_a	5	6	15,5	13,8	362	40,0	6,6
K_b	3	2	1,7	9,8	110	8,3	4,6
K_c	1	1	1	1,0	1	1,0	1,0
K_d	–	–	11,4	7,1	115	9,1	3,3
K_e	–	–	–	8,4	680	25,0	7,0

K_f	–	–	–	16,3	810	34,6	5,6
K_g	–	–	–	5,7	232	10,8	2
K_h	–	–	–	4,3	187	11,6	3,0

Проведені дослідження дозволяють модернізувати і удосконалити існуючі методи статистичної і апіорної оцінки аварійності на вузлах транспортних мереж.

Формула для розрахунку ступеня сумарної конфліктності транспортного вузла - γ_k у цьому випадку матиме дещо інший, простіший вигляд, а саме:

$$\gamma_k = \sum_{i=1}^m K_j \left[\frac{N_{1i} N_{2i}}{(N_{1i} + N_{2i})^2} \right], \quad (2)$$

де: $i = 1, 2, 3, \dots, m$ – номер і загальна кількість конфліктних точок у вузлі;

K_j – коефіцієнт ваги конфліктної точки i (за таблицею коефіцієнтів ваги КТ [4]);

$j = a, b, c, d, e, f, h$ – індекс типу конфліктної точки (у нашому випадку $n = 8$);

N_{1i} – інтенсивність руху на першому напрямку конфліктної точки i ;

N_{2i} – інтенсивність руху на другому напрямку конфліктної точки i .

Таким чином, у результаті досліджень визначені і пропонуються для застосування в наукових і практичних цілях удосконалені і зручні методики оцінки потенційної конфліктності перехресть (в тому числі й регульованих світлофорами), що враховують вісім типів конфліктних точок між транспортними і пішохідними потоками з можливістю врахування впливу інтенсивності руху транспортну і пішоходів для умов дорожнього руху, що характерні для України.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють сформулювати подальші напрямки удосконалення і розвитку запропонованої методики оцінки конфліктності, які полягають у розробці адекватної класифікації перехресть, прилягань та інших вузлів ВДМ за потенційною небезпекою; використанні ступеня конфліктності при оптимізації структури світлофорних циклів, раціональному формуванні сигнальних груп світлофорного регулювання; розробці новітніх технологій і алгоритмів гнучкого управління в автоматизованих системах управління дорожнім рухом.

Використана література

1. Клиновштейн Г.И. Организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 1981. – 240 с.
2. Шештокас В.В., Самойлов Д.С. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
3. Полозенко П.Н., Ересов В.И. Комплексная оценка потенциальной конфликтности транспортных потоков на перекрестках // Автошляховик України. – К.: “Грета”. – 1997. – № 1. – С. 25 - 27.
4. Єресов В.І., Рябець Я.В. Конфліктні ситуації та безпека руху пішоходів // Безпека дорожнього руху України: Науково-технічний вісник. – 2001. – № 2(10). – С. 24 - 30.
5. Hauer E., Jerry C. N., Lovell J. Estimation of safety at signalized intersections. Transp. Res. Rec. – 1990. – № 1185. – С. 48 - 61.

