

УДК 656.13

Коваленко Л.О., канд. техн. наук.

### ОЦІНКА АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТ

**Анотація.** Стаття присвячена аналізу впливу дорожніх умов та параметрів транспортного потоку на стан аварійності на вулицях міста. В статті розглянуті методи оцінки безпеки руху на перехрестях доріг. Визначені групи факторів, що формують ступінь небезпечності перехрестя.

Об'єкт дослідження – міські вулиці та дороги.

Мета роботи – підвищення безпеки руху на дорогах міста.

Методи дослідження – аналітико-експериментальний.

**Ключові слова:** безпека руху, автомобільна дорога, перехрестя доріг, дорожньо-транспортні пригоди, конфліктні точки.

УДК 656.13

Kovalenko L., Prof., Ph. D.

### EVALUATION OF ACCIDENT SITUATIONS ON THE URBAN ROAD NETWORK

**Abstract.** This article deals with the impact of road conditions and the parameters of traffic flow on the accident rate on urban streets. The methods of evaluating traffic safety at road intersections are considered in the given article. There were identified the groups of factors that shape the degree of danger of road intersections.

Object of study - city streets and roads.

Purpose - to increase safety on urban roads.

Methods - analytical and experimental.

**Key words:** traffic safety, road, crossroads, traffic accidents, conflict points.

УДК 656.13

Коваленко Л.А., канд. техн. наук.

### ОЦЕНКА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДОВ

**Аннотация.** Стаття посвящена анализу дорожных условий и параметров транспортного потока на состояние аварийности на городских улицах. В статье рассмотрены методы оценки безопасности движения на пересечениях дорог. Определены группы факторов, формирующих степень опасности пересечения.

Объект исследования – городские улицы и дороги.

Цель работы – повышение безопасности движения на городских дорогах.

Методы исследования – аналитико-экспериментальный.

**Ключевые слова:** безопасность движения, автомобильная дорога, пересечения дорог, дорожно-транспортные происшествия, конфликтные точки.

#### Вступ

Автомобільний транспорт є найнебезпечнішим з усіх видів транспорту. За всіма даними саме дорожньо-транспортні пригоди займають

#### Introduction

Road transport is accident prone among other modes of transport. According to all available data, traffic accidents occupy the first place in

перше місце по числу загиблих і постраждалих. По цих параметрах автомобілі значно обганяють залізничний, авіаційний і водний транспорт. Дорожньо-транспортні випадки є основною причиною загибелі людей. Вони відбуваються з багатьох причин, серед яких є як технічні, так і людські чинники [1].

Високі темпи зростання автомобільного парку і відповідно збільшення інтенсивності руху транспортних потоків на міських вулицях та дорогах значно загострюють проблему, що пов'язана із забезпеченням безпеки взаємодії таких категорій учасників дорожнього руху, як транспортні засоби та пішоходи.

З усієї кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) 67% припадає на вулично-дорожню мережу міст. На режими руху потоку автомобілів на міських вулицях і дорогах має вплив цілий ряд факторів, відмінних від позаміських умов: наявність багатосмугових проїзних частин в одному напрямку; розташування тротуарів близько до дороги; склад потоку, частота розташування світлофорів і тривалість їхніх циклів; велика можливість появи пішоходів на проїзній частині; наявність у потоці значної кількості суспільного транспорту; мала довжина перегонів; висока інтенсивність і щільність руху; різноманітний режим руху транспорту; велика кількість перетинань в одному рівні; наявність стоянок уздовж бортів проїзної частини вулиць; велика кількість інформації, що надходить до водіїв [2].

Аналіз статистичних даних свідчить, що 75% ДТП у містах відбувається на перехрестях. Розроблення дієвих заходів, спрямованих на зниження аварійності та їх вжиття з боку служб нагляду за дорожнім рухом, потребує визначення чітких факторів, які впливають на виникнення аварійно небезпечних ділянок – місць концентрації ДТП. Методи визначення рівня безпеки руху на перетинаннях доріг мають спрощений характер і не дають об'єктивної оцінки конфліктних ситуацій, які постійно виникають [3].

the number of killed and injured. Following these parameters, automobiles significantly outperform the rail, aviation and water transport. Traffic accidents are a major cause of death. They occur for a score of reasons, among which there are both technical and human factors [1].

High growth of the automobile fleet and therefore an increase in traffic density on city streets and highways greatly exacerbate the problem, connected with ensuring safety of interaction of such categories of road users as pedestrians and vehicles.

Of the total number of traffic accidents (RA) 67% accounts for the urban road network. The driving mode of the traffic flow on city streets and highways is affected by a number of factors, which are different from non-urban conditions: the availability of multi-lane one-way movement carriageways; sidewalks location close to the roadway; traffic-flow composition, frequency of traffic lights location and duration of their cycles; great possibility of pedestrians emergence on the roadway; the presence of a significant number of public transport in the flow; short length of intersections; high traffic intensity and density; diverse traffic modes; a big number of intersections at the same level; availability of parking-lots along the sides of the carriageway in the streets; large amount of information provided to drivers [2].

Analysis of the statistics shows that 75% of road accidents in urban areas occur at intersections. Development of effective measures directed to reduce the accident rate and their adoption by the supervisory traffic services requires determining clear factors that influence the occurrence of accident prone road sections – spots of road accident concentration. Methods for determining the level of safety on the road crossing points are of simplified character and do not provide an objective assessment of conflict situations that constantly arise [3].

### Виклад основного матеріалу

Виявлення потенційних конфліктних точок та подальша їх оцінка дозволяють, не очікуючи виникнення ДТП, вживати заходів щодо зниження аварійності. Звичайно, найхарактернішими для аварійних ситуацій є місця, де зустрічаються, переплітаються чи пересікаються потоки транспортних засобів та пішоходів, тобто пересічення вулиць та доріг на одному рівні. Водночас існує проблема пошуку взаємозв'язку між різними типами конфліктних точок та коефіцієнтами небезпеки, які відповідають їм та впливають на ступінь небезпеки перехресть. Виявлення цього взаємозв'язку дозволить суттєво вплинути на повноту й адекватність оцінки небезпеки перехресть.

Для оцінки потенційної небезпеки руху на перехрестях застосовують метод оцінки складності перехрестя, при якому виділяють три види конфліктних точок – розгалуження, злиття та пересічення транспортних потоків [2,3]. При цьому конфліктні точки розгалуження, злиття та пересічення оцінюють відповідно – 1, 3 та 5 балами. Загальна оцінка складності перехрестя на одному рівні  $m$  визначається за формулою:

$$m = 1 \cdot n_p + 3 \cdot n_z + 5 \cdot n_{\Pi} , \quad (1)$$

де  $n_p$  – кількість точок розгалуження транспортних потоків;  
 $n_z$  – кількість точок злиття транспортних потоків;  
 $n_{\Pi}$  – кількість точок пересічення транспортних потоків.

За показником  $m$  оцінюється рівень складності перехрестя в одному рівні. При цьому перехрестя вважається простим, якщо  $m < 40$ ; середньої складності, якщо  $m = 40 - 80$ ; складним, якщо  $m = 81 - 150$ ; особливо складним, якщо  $m > 150$ .

Однак за однакових геометричних параметрів того чи іншого перехрестя, характеристики руху транспортних потоків на них можуть суттєво відрізнятися, що в свою чергу відображається на рівні аварійності [2,3]. З урахуванням цього в ряді існуючих підходів

### Presentation of the main material

Identification of potential conflict points and their further evaluation make it possible, without waiting for the emergence of an accident, to take measures to reduce accidents. Of course, the most characteristic for road traffic emergence is the place where flows of vehicles and pedestrians meet, overlap or intersect on the same level. However, there are problems of determining the relationship between different types of conflict points and hazard ratios that correspond to them and affect the level of the accident rate at intersections. Identifying this relationship will allow to significantly affect the completeness and adequacy of risk assessment at intersections.

To assess the potential danger of traffic at intersections, they use the method for estimating the complexity of the intersection, where one specifies three types of conflict points – branching-off, merging and intersection of traffic flows [2, 3]. At this, conflict points of traffic flow branching-off, merging and crossing are assessed according to - 1, 3 and 5 points. The general estimation of the road intersection complexity on one level  $m$  is given by:

$$m = 1 \cdot n_p + 3 \cdot n_z + 5 \cdot n_{\Pi} , \quad (1)$$

where  $n_p$  - the number of traffic flows branching points;  
 $n_z$  - the number of points of traffic merging;  
 $n_{\Pi}$  - the number of points of transport flows intersection.

The level of complexity of the intersection located at the same level is estimated according to the index  $m$ . This intersection is considered simple if  $m < 40$ ; of medium complexity, if  $m = 40 - 80$ ; complex if  $m = 81 - 150$ ; particularly complex if  $m > 150$ .

However, due to equal geometrical parameters of one kind of intersection or another, traffic characteristics on them can differ significantly, which in turn results in the accident rate [2.3]. With this in mind, in a number of existing approaches to assessing

до оцінки рівня конфліктності на перехрестях вводиться показник інтенсивності транспортних потоків:

$$\delta = 0,01 \cdot \sum (N_1 + N_2), \quad (2)$$

де  $\delta$  – інтенсивності транспортних потоків;  
 $N_1$  і  $N_2$  – інтенсивності транспортних потоків, що конфліктують, авт./год.

Результати аналізу досліджень, спрямованих на траєкторії та динаміку руху транспортних засобів на перехрестях під час виконання ними певних маневрів свідчать про те, що взаємодія транспортних потоків є складним явищем, й спрощені оцінки конфліктних точок дають можливість отримати лише приблизне уявлення про існуючу ситуацію на тому чи іншому перехресті на одному рівні. Тому для адекватної оцінки конфліктних точок на перехресті потрібно виходити насамперед із урахування різнобічних факторів, у тому числі й динамічних параметрів конфліктуючих транспортних потоків.

Безпека руху на перетинаннях залежить від способу організації руху. На перехрестях із світлофорним регулюванням мають перевагу два види дорожньо-транспортних пригод: наїзд на автомобіль, що різко зупинився та зіткнення з автомобілем, що рухався на заборонений сигнал світлофору.

Крім того, необхідно враховувати характеристики наявних пішохідних потоків, які пересікають проїжджу частину, оскільки вони є складовою частиною дорожнього руху у містах і безпосередньо впливають на утворення своєрідних типів конфліктних точок, що у свою чергу зменшує рівень безпеки перехресть.

На нерегульованих перехрестях, де дороги, що перетинаються діляться на головну та другорядну безпека руху залежить від дотримання правил почергового проїзду та час знаходження автомобілів другорядного напрямку в конфліктній зоні. На міських нерегульованих перехрестях безпека руху визначається планувальним рішенням перетинання та інтенсивністю руху автомобілів та пішоходів. Чим вище

the level of conflict at intersections they introduce the index of traffic flow intensity:

$$\delta = 0,01 \cdot \sum (N_1 + N_2), \quad (2)$$

where  $\delta$ - the intensity of traffic flows;  
 $N_1$  and  $N_2$  - the intensity of conflicting transport flows, aut./h.

The results of research analysis that deals with the trajectory and dynamics of movement of vehicles at intersections while they accomplish a particular maneuver indicate that the interaction of traffic flows is a complex phenomenon, and simplified assessment of conflict points make it possible to obtain only approximate understanding of the existing situation at a particular one-level intersection. Therefore, to adequately assess the disputed points at an intersection, one must first of all proceed with regard to diverse factors, including dynamic parameters of conflicting transport flows.

Traffic safety at intersections depends on the method of traffic management. At intersections with traffic light control there occur two types of accidents: collision with a vehicle, which stopped drastically, and collision with a car that runs the red light.

One also needs to consider the characteristics of existing pedestrian flows crossing the roadway as they make a constituent part of the road traffic in towns and directly affect the formation of distinctive types of conflict points, which in turn reduces the safety level at intersections.

At uncontrolled intersections, where the roads that intersect are divided into the arterial and the minor ones, traffic safety depends on implementation of rules of successive passing the intersection and the time of secondary street vehicles presence in the conflict zone. At urban uncontrolled intersections traffic safety is determined by a planning decision of crossing the intersection as well as vehicular and pedestrian traffic density. The higher the

інтенсивність по другорядній дорозі і чим ближче вона до інтенсивності по головній дорозі, тим частіше на перетинанні порушується правило черговості проїзду та створюється конфліктна ситуація.

Для дослідження умов руху на перехрестях були проведені експериментальні дослідження на міських вулицях і дорогах різних категорій. Обрані дві магістральні вулиці районного значення – пр. Гагаріна, пр. Льва Ландау та дві житлових вулиця місцевого значення – вул. Молочна, пр. Героїв Сталінграду.

Проспект Гагаріна відноситься до магістральної вулиці міського значення (ділянка 1). Розрахункова швидкість руху складає 90 км/год. Інтенсивність руху складає прямо – 1992 авт./год., обратно – 1798 авт./год. Проспект Гагаріна має три смуги руху в одному напрямку та зворотному. Ширина проїзної частини складає 22,5 м. Покриття виконано з асфальтобетонної суміші.

Проспект Льва Ландау також відноситься до магістральної вулиці міського значення (ділянка 2). Розрахункова швидкість руху складає 90 км/год. Інтенсивність руху складає прямо – 1825 авт./год., обратно – 1836 авт./год. Проспект Льва Ландау має по три смуги руху у кожному напрямку. Ширина проїзної частини 23 м, з урахуванням зеленої розділової смуги 0,5 м. Покриття вулиці виконано з асфальтобетонної суміші. На перехресті з проспектом Героїв Сталінграду у двох напрямках є зупинки міського транспорту, тролейбусів, автобусів та маршрутних таксі.

Вулиця Молочна відноситься до вулиці районного значення (ділянка 3). Розрахункова швидкість руху складає 80 км/год. Інтенсивність руху складає прямо – 687 авт./год., обратно – 661 авт./год. Вулиця Молочна має по дві смуги руху у кожному напрямку. Ширина проїзної частини коливається від 10 м до 15 м.

Проспект Героїв Сталінграду відноситься до вулиці районного значення (ділянка 4). Розрахункова швидкість руху складає 80 км/год. Інтенсивність руху складає прямо –

traffic density on a secondary road is and the closer it is to the traffic density of the main road, the more often the rule of priority of crossing the intersection is violated and there is created a conflict situation.

To study the traffic conditions at intersections, there was conducted experimental research on city streets and highways of different categories. There were selected two collector streets - Gagarin Avenue, Lev Landau Avenue and two local residential streets – Molochna str., and Heroiv Stalingradu str.

Gagarin Avenue is a collector street (section 1). The design speed is 90 km/h. Direct traffic density constitutes 1992 veh./year, reverse traffic density constitutes - 1798 veh./year. Gagarin Avenue has three lanes in direct and reverse direction. The width of the carriageway is 22.5 m. The wearing course is made of asphalt mixture.

Lev Landau Avenue is a collector street (section 2). The design speed is 90 km/h. Direct traffic density constitutes 1825 veh./year, reverse traffic density constitutes - 1836 veh./year. Lev Landau Avenue has three lanes in direct and reverse direction. The width of the carriageway is 23 m, taking into account the green dividing strip - 0.5 m. The wearing course is made of asphalt mixture. At the intersection with Heroiv Stalingradu Avenue there are stops of urban transport, trolley buses and route-taxis in both directions.

Molochna str. is a collector street (section 3). The design speed is 80 km/h. The direct traffic density is - 687 veh./h, the reverse traffic density is - 661 veh./h. Molochna str. has two traffic lanes in each direction. The width of the roadway varies from 10 m to 15 m.

Heroiv Stalingradu str. refers to collector streets (section 4). The design speed is 80 km/h. The direct traffic density is - 951 veh./h, the reverse traffic density is - 1257

951 авт./год., обратно – 1257 авт./год. Проспект Героїв Сталінграду має по дві смуги руху у кожному напрямку. Ширина проїзної 15 м.

Для визначення ймовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод на вулично-дорожній мережі треба дослідити кількість порушень правил дорожнього руху на об'єктах дослідження, бо саме це в першу чергу впливає на можливе виникнення дорожньо-транспортних пригод. Визначення ймовірності виникнення ДТП можливе шляхом врахування можливої кількості ДТП з розрахунку, що кожне порушення правил дорожнього руху може призвести до ДТП (табл.1,2).

**Таблиця 1** – Кількість порушень ПДР від інтенсивності транспортного потоку на регульованому пішохідному переході

Кількість порушень ПДР	Інтенсивність транспортного потоку	
	Ділянка 1	Ділянка 2
5	584	-
6	-	495
10	1051	99
11	1735	1905
15	2015	-
16	2603	-
18	-	3009
19	-	3275
20	3407	-
23	3798	-
28	-	3992

Для визначення факторів, що впливають на аварійність перехресть були проведені обстеження на перехрестях транспортних та транспортних і пішохідних потоків. На основі спостережень за порушеннями правил дорожнього руху було побудовано графіки залежності порушення ПДР від інтенсивності для кожного з перехресть, що досліджуються. Також на основі спостережень за порушеннями правил дорожнього руху було побудовано графіки залежності порушення ПДР від часу доби для кожного з перехресть.

veh./h. Heroi Stalingradu Avenue has two lanes in each direction. The width of the carriageway is 15 m.

To determine the likelihood of accidents on the road network, there should be examined a number of traffic rules violations on the objects of research, because it primarily influences the possible occurrence of road accidents. Determining the likelihood of accident occurrence is possible by taking into account the potential number of road accidents on the basis that each traffic violation can lead to accidents (tabl.1, 2).

**Table 1** - Number of traffic rule violations, depending on the intensity of road traffic at a controlled pedestrian crossing The intensity of the transport-foot stream

Number of traffic rule violations	Traffic flow density	
	Section 1	Section 2
5	584	-
6	-	495
10	1051	992
11	1735	1905
15	2015	-
16	2603	-
18	-	3009
19	-	3275
20	3407	-
23	3798	-
28	-	3992

To determine the factors influencing the accident rate at intersections, there was carried out survey of traffic and pedestrian flows at crossroads. Based on observations of traffic violations there were built graphs of dependence of traffic rules violation on the traffic flow density for each of the investigated intersection. Also, based on the observation of traffic violations there were built graphs of dependence of traffic rules violation on the time of the day for each of the intersections under study.

**Таблиця 2** – Кількість порушень ПДР від інтенсивності транспортного потоку на нерегульованому пішохідному переході

Кількість порушень ПДР	Інтенсивність транспортного потоку	
	Ділянка 3	Ділянка 4
1	450	-
2	571	-
3	661	687
4	-	864
5	787	950
6	-	1121
7	1870	-
8	-	2237

Аналізуючи графіки залежності порушень правил дорожнього руху залежно від інтенсивності руху на перехрестях транспортних та транспортних і пішохідних потоків, робимо висновок, що найбільше число порушень правил дорожнього руху відбувається при максимальній інтенсивності транспортного потоку, а з побудованих залежностей порушень ПДР від часу доби видно, що найбільша кількість порушень ПДР відбувається в години «пік» з 11 до 13 години та з 16 до 18 години. Так, можна зробити висновок, що максимальна ймовірність виникнення ДТП відбувається при максимальній інтенсивності транспортного потоку у години «пік».

### **Висновки**

Безпека руху на перехрестях вулиць та доріг залежить від способу організації руху. На перехрестях із світлофорним регулюванням мають перевагу два види дорожньо-транспортних пригод: наїзд на автомобіль, що різко зупинився та зіткнення з автомобілем, що рухався на заборонений сигнал світлофору. На нерегульованих перехрестях, де дороги, що перетинаються діляться на головну та другорядну безпека руху залежить від дотримання правил почергового проїзду та час знаходження автомобілів другорядного напрямку в конфліктній зоні.

На міських нерегульованих перехрестях безпека руху визначається планувальним рішенням перетинання та інтенсивністю руху автомобілів та пішоходів. Чим вище

**Table 2** - Number of traffic rule violations, depending on the intensity of road traffic at an uncontrolled pedestrian crossing

Number of traffic rule violations	Traffic flow density	
	Section 3	Section 4
1	450	-
2	571	-
3	661	687
4	-	864
5	787	950
6	-	1121
7	1870	-
8	-	2237

Analyzing the graphs of traffic rules violation based on traffic intensity at the crossroads of transport and pedestrian flows, one can conclude that the greatest number of traffic rules violation occurs at maximum traffic flow density, and according to the built traffic rule violation dependences based on the time of the day, it can be seen that the largest number of traffic rules violation occur during the “peak” hours from 11. 00 a. m. to 01. 00 p. m. and from 16. 00 p. m. to 18. 00 p. m. Thus, we can conclude that there is maximum probability of accident occurrence at maximum traffic density during “peak” hours.

### **Conclusions**

Traffic safety at road intersections depends on the method of traffic management. At intersections with traffic light control there occur two types of accidents: collision with a vehicle that stopped abruptly and collision with a vehicle that ran through the red light. At uncontrolled intersections, where the intersecting roads are divided into the primary and secondary ones, traffic safety depends on the compliance with the rules of alternating passing the intersection by vehicles and the time spent by the secondary street traffic flow vehicles in a conflict zone.

To determine the factors influencing the accident rate at intersections, there was carried out survey of traffic and pedestrian flows at crossroads. Based on observations of

інтенсивність по другорядній дорозі і чим ближче вона до інтенсивності по головній дорозі, тим частіше на перетинанні порушується правило черговості проїзду та створюється конфліктна ситуація. На безпеку руху має вплив і планування перетину. При радіусах закруглення менше 10 м автомобілі виходять за межі відведеної їм смуги на проїжджій частині та створюють завади на інших смугах руху. На перетинаннях, де конфліктні точки розміщуються на відстані 10-15 м одна від одної, число ДТП в 2 – 2,5 разів менше, ніж на перетинаннях з тісним розміщенням. Найбільшу небезпеку для руху складають повороти ліворуч, особливо з другорядної дороги. На їх долю приходиться більш ніж 40% від усіх ДТП на перетинаннях.

#### **Література**

1. Бабков В. Ф., Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1993.
2. Шештокас В.В., Самойлов Д.С. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах. – М.: Транспорт, 1987.-208с.
3. Рябець Я.В. Аналіз існуючих методів, що застосовуються при визначенні рівня конфліктності на перехрестях / Я.В. Рябець, В.Л. Липчанський // Безпека дорожнього руху України: Науково-технічний вісник. – К., 2003/1–2. – С. 19 – 23.

#### **Рецензенти:**

Кизима С.С., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Кіяшко І.В., канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

#### **Reviewers:**

Kiiashko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Kharkiv National Automobile and Highway University.

Kyzyrna S.C., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

traffic violations there were built graphs of dependence of traffic rules violation on the traffic flow density for each of the investigated intersection. Also, based on the observation of traffic violations there were built graphs of dependence of traffic rules violation on the time of the day for each of the intersections under study. Analyzing the graphs of traffic rules violation based on traffic intensity at the crossroads of transport and pedestrian flows, one can conclude that the greatest number of traffic rules violation occurs at maximum traffic flow density, and according to the built traffic rule violation dependences based on the time of the day, it can be seen that the largest number of traffic rules violation occur during the “peak” hours from 11. 00 a. m. to 01. 00 p. m. and from 16. 00 p. m. to 18. 00 p. m. Thus, we can conclude that there is maximum probability of accident occurrence at maximum traffic density during “peak” hours.

#### **References**

1. V. Babkov, Road conditions and traffic safety: Textbook for Higher Educational Schools. - M.: Transport, 1993.
2. V. Sheshtokas, V. Samoilov, Conflict Situations and Road Safety in Cities. - M: Transport, 1987. - p. 208.
3. Y. Ryabets. Analysis of Existing Methods used in Determining the Level of the Conflict Rate at Road Intersections / Y. Ryabets, V. Lypchanskyi // Road Traffic Safety in Ukraine: Scientific and Technical Journal. - K., 2003 / 1-2. – p. 19 - 23.

Стаття надійшла до редакції: **10.10.2016 р.**