

О. В. Прасоленко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ВПЛИВ КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ НА МІСЬКИХ ВУЛИЦЯХ НА ПОКАЗНИКИ ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВОДІЯ У ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ

В роботі представлено підхід щодо визначення впливу конфліктних ситуацій на міських вулицях на показники трудової діяльності водія у темну пору доби. Досліджені закономірності зміни освітлення в умовах вечірніх сутінок та параметри взаємодії водіїв у темну пору доби. Запропоновано підхід для визначення параметрів взаємодії водія з дорожнім середовищем на основі методу конфліктних ситуацій. Встановлені показники зміни функціонального стану водія та енергетичну вартість при потраплянні в різні конфліктні ситуації на міських вулицях у темну пору доби у вечірні сутінки.

Ключові слова: водій, конфліктні ситуації, транспортний потік, функціональний стан

Постановка проблеми

Більше всього дорожньо-транспортних пригод (ДТП) у світі відбувається з вини водія. Причиною, як правило є неправильні дії водія в складних дорожніх умовах, небезпечних дорожньо-транспортних ситуаціях, які залежать від багатьох факторів дорожньої обстановки. Особливо необхідно вказати ДТП під час темряви та в умовах вечірніх сутінок в осінньо-зимовий період. Цей період часу характеризується зменшенням світлового часу дня і швидким початком темряви. В цих умовах очі водія не встигають пристосуватись до швидких змін освітленості. Це приводить до погіршення візуального сприйняття елементів дорожньої обстановки. В цих умовах керування автомобілем вимагає від водія сконцентрованості уваги, здатності утримувати швидкість руху в межах власного функціонального комфорту та оперативно приймати рішення щодо зміни траєкторії та швидкості руху відповідно до дорожньої обстановки [1-4]. Саме дорожня обстановка є системою що формує безліч конфліктних ситуацій під час руху. Тому дослідження впливу конфліктних ситуацій на міських вулицях на показники трудової діяльності водія у темну пору доби є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема людського чинника в забезпеченні безпеки дорожнього руху в темну пору доби полягає в визначенні механізмів сприйняття та переробки інформації водієм відповідно до дорожньої обстановки. На швидкість переробки інформації водієм впливає багато чинників: функціональний та емоційний стан, освітленість, дорожні умови, наявність перешкод на певній ділянці дороги, наявність та стан дорожньої розмітки, дорожніх знаків, дорожнього

обладнання, світлофорів і ін. [1–9].

Близько 90 відсотків водій отримує інформації за допомогою зору. В темну пору доби велике значення для зору має освітленість дороги. Для того щоб очі могли розпізнати предмет, необхідний певний рівень освітленості [3]. Предмети можуть розпізнаватися за силуетом – коли яскравість об'єкта нижче яскравості оточуючого його фону, або коли яскравість перешкоди більше оточуючого його фону. Найбільші труднощі для водія відбуваються при різких змінах освітленості дороги, при русі в умовах недостатньої освітленості. Швидка зміна рівнів освітленості викликає роздратування сітчатки очей, і настає тимчасове засліплення. Час засліплення коливається в широких межах і може тривати від кількох секунд до кількох хвилин [2]. Зміна освітлення також впливає на час реакції водія. Несвоєчасні або неточні реакції нерідко призводять до дорожньо-транспортних пригод. Водій не завжди може розгледіти траєкторії руху інших автомобілів чи розгледіти пішохода, який раптово з'явився на проїзній частині. Час реакції у цьому випадку може коливатися в широких межах від 0,4 до 2,5 с в залежності від професійного досвіду і індивідуальних психофізіологічних особливостей водія [6].

Відомо, що будь-яка діяльність людини, чи розумова або фізична праця пов'язана з певними енергетичними витратами. Це пов'язано з посиленням біохімічних процесів у м'язах, що приводить до посилення діяльності серцево-судинної системи, яка доставляє у м'язи достатню кількість енергетичних речовин. Вживання обсягу кисню при цьому залежить від потреби організму відповідно до виконання певної діяльності [2].

Дослідженню енергетичних витрат водія приділяють особливу увагу при проектуванні умов руху, режимів праці [1-4].

За думкою авторів [3] робота водія в різних за

складністю дорожніх умовах характеризується певними рівнями напруженості. Різна напруженість роботи викликає у водія різні темпи витрат енергії при різних темпах і умовах руху. Автори порівнюють енерговитрати водія при русі по рівнинній місцевості та гірській.

За даними [2] витрати енергії залежать від стану дорожнього покриття. Чим вище рівень вібрації під час руху тим вище м'язове зусилля водій спрямовує на керування автомобіля. Встановлено, що водій з певним часом звикає до складних умов.

Автор роботи [1] розглядає енергетичну вартість праці водія на замських дорогах. Встановлено, що швидкість надходження інформації до водія пов'язана з енерговитратами. Для визначення енергетичних витрат водія використовується метод реєстрації зовнішнього дихання:

$$\Delta \mathcal{E} = 0,075(C - C_o)S, \quad (1)$$

де $\Delta \mathcal{E}$ – енергетична вартість руху водія, кКал/хв;

C, C_o – частоти зовнішнього дихання водія при русі по дорозі і в фоні, цикл/хв;

S – площа тіла водія, м²;

0,075 – коефіцієнт пропорційності.

Площа тіла водія відповідно до [1] визначається за номограмою (рис. 1).

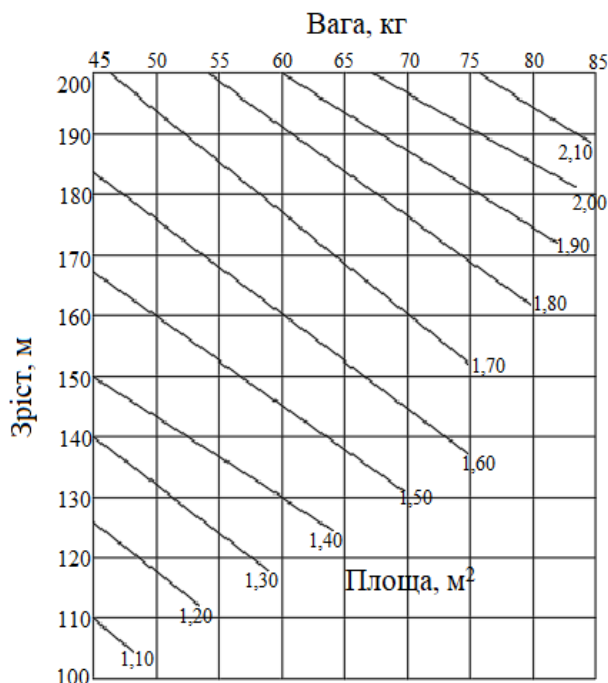


Рис. 1. Номограма для визначення площі тіла людини

В роботі [2] для визначення витрати енергії водієм використовується інший спосіб, заснований на

дослідженні легеневого газообміну. При цьому витрата енергії визначається по величині поглиненого організмом кисню. Споживання 1 см³ кисню приблизно відповідає витраті 20,9 Дж енергії. Крім того, витрата енергії може бути оцінена по вентиляції легень і частоті подиху:

$$Q_s = 0,173U_B - 0,52; \quad (2)$$

$$Q_s = 0,198\omega_D - 3,06, \quad (3)$$

де U_B – вентиляція легень, л/хв;

ω_D – частота подиху, вдих/хв.

Встановлено, що при збільшенні швидкості руху від 20 до 75 км/год, витрата енергії збільшується на 18%. Гранична норма витрати енергії для водія становить 12,6 кДж/хв тобто 2,9 ккал/хв.

За даними [2] в умовах інтенсивного міського руху водій виконує 40–50 операцій на 1 км шляху. До складу цих операцій входять: зупинка автомобіля, включення й вимикання зчеплення, перемикання важелів керування, пригальмовування автомобіля (у тому числі без вимикання зчеплення, включення й вимикання покажчика повороту, істотна зміна швидкості руху за допомогою акселератора, істотне маневрування за допомогою рульового керування, спостереження за світлофорами, регулювальниками й дорожніми знаками. Тобто на кількість операцій водія впливає багато факторів як з боку водія так і з боку дорожньої обстановки. Всі вище перераховані дії водія пов'язані з певною кількістю енергії відповідно до кожної конкретної дорожньої ситуації яка може бути класифікована як «конфліктна».

Метод конфліктних ситуацій використовується при розробці проектів реконструкції складних ділянок доріг. Під конфліктною ситуацією розуміється дорожньо-транспортна ситуація, що виникає між учасниками дорожнього руху або рухомим автомобілем і обстановкою дороги, при якій існує небезпека ДТП. Показником наявності конфліктної ситуації є зміна швидкості або траєкторії руху автомобіля. Ступінь небезпеки цієї ситуації характеризується негативними поздовжніми і поперечними прискореннями, що виникають при маневрах автомобілів. Конфліктні ситуації за ступенем небезпеки поділяються на три типи: легкі, середні і критичні (табл. 1) [8].

В дослідженні [9] для визначення впливу факторів дорожньої обстановки при взаємодії водія в транспортному потоці враховані параметри небезпечних гальмувань водієм під час руху. Небезпека у водія викликає стресовий стан, що відображається на збільшенні частоти дихання водія. Небезпечними гальмуванням є ситуації під час руху, які вимагають від водія вибору вповільнення автомобіля відповідно до методу конфліктних ситуацій (табл. 2).

Таблиця 1

Конфліктні ситуації за ступенем небезпеки [8]

Критерії конфліктних ситуацій	Початкова швидкість руху, км/год	Прискорення, м/с ² , для конфліктної ситуації		
		Легкі, К ₁	Середні, К ₂	Критичні, К ₃
Поздовжнє прискорення	Більше 100	Менше 0,9	Менше 1,1	1,5
	80 - 100	1,5 ± 0,5	2,3 ± 0,3	2,7
	Менше 80	2,9 ± 0,8	3,0 ± 0,7	3,8
Поперечне прискорення	Більше 100	Менше 0,3	Менше 0,7	0,8
	80 - 100	0,5 ± 0,1	0,8 ± 0,3	1,2
	Менше 80	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,2	1,7

Представлені параметри в табл. 1 запропоновані авторами для замських умов. Тому їх використання в міських умовах обмежене.

Таблиця 2

Зміна параметрів дихання водія

Тип Конфліктної ситуації	Середня частота дихання, цикл/хв	Енергетична вартість, ккал/хв
Легка	22	1,5
Середня	26	2,1
Критична	31	2,9

Таким чином енерговитрати водія під час руху залежать від типів конфліктних ситуацій. Дослідження енерговитрат водія на різних вулицях дозволить встановити вплив факторів дорожньої обстановки на енерговитрати водія. Крім того також важливо дослідити закономірності зміни функціонального стану водія з урахуванням конфліктних ситуацій та зміни освітленості.

Формулювання мети статті

Метою дослідження є визначення впливу конфліктних ситуацій на міських вулицях на показники трудової діяльності водія у темну пору доби. В роботі потрібно запропонувати методику визначення типів конфліктних ситуацій. Дослідити зміну освітленості в умовах вечірніх сутінок, визначити закономірності зміни функціонального стану водія та енергетичну вартість діяльності в вищезгаданих умовах.

Виклад основного матеріалу

Основним фактором що впливає на кількість витраченої енергії в міських умовах є взаємодія водія з факторами дорожньої обстановки. Ці фактори вимагають від водія певних дій по керуванню автомобілем: розгін, гальмування, утримання швидкості і певних реакцій при виникненні небезпеки руху [7]. При виникненні небезпеки на водія діють бічні та поздовжні прискорення (g-сили) які є векторами швидкостей (V_x та V_y) тобто вони мають величини та напрямки. Пропонується для врахування даних параметрів використати наступний підхід. Тобто для визначення сили конфліктної ситуації потрібно не просто додати дві швидкості разом або прискорення. Оскільки дві сили вимірюються під прямим кутом одна від одної, теорема Піфагора може бути використана для додавання двох векторів швидкостей та прискорень, щоб отримати спільну величину двох сил (рис. 2–3).

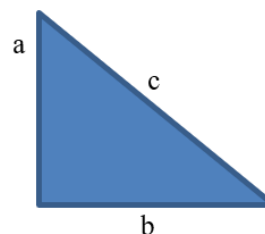


Рис. 2. Схема визначення сили комбінованого «G»

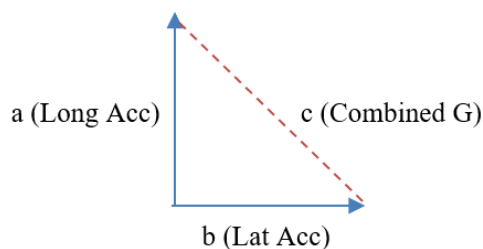


Рис. 3. Принцип визначення сили комбінованого «G»

Тоді величина двох сил може бути визначена за формулою

$$a^2 + b^2 = c^2, \quad (4)$$

- де a – поздовжнє прискорення, Long Acc (g);
- b – поперечне прискорення, Lat Acc (g);
- c – комбіноване, combined G (рис. 3).

Крім того кожна конфліктна ситуація викликає зміну площі під кривою вповільнення автомобіля

(рис 4). Площа під кривою combined G (mathsChannel) є важливим показником, який враховує вектор руху автомобіля та породільні і поперечні прискорення у часі.

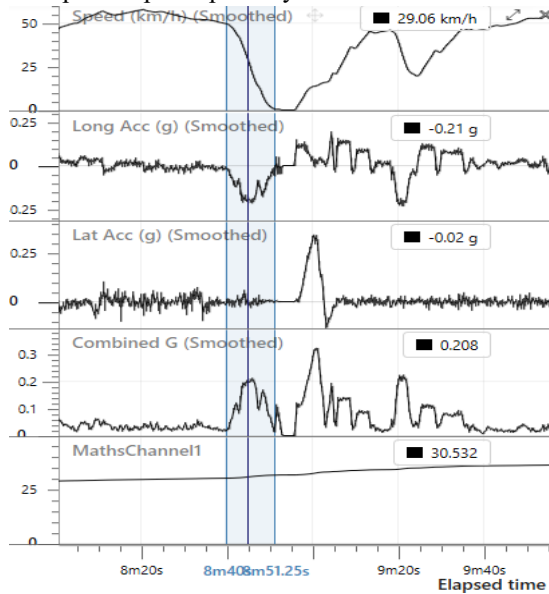


Рис. 4. Параметри руху

Отже аналіз кожної конфліктної ситуації, полягає в визначенні характеристик combined G відповідно до рис. 3–4.

Використання програмного забезпечення «VBOX Test Suite» (рис. 5) дає відповідь на межі зміни параметрів combined G. Даний показник залежить не лише від сил породільного та поперечного прискорення а й від часу дії певного фактору.

Channel	At Start	At End	Difference	Max	Min	Avg
Speed (km/h)	49.49	0.71	-48.78	49.49	0.71	25.26
Long Acc (g)	-0.02	-0.05	-0.04	-0.01	-0.21	-0.12
Lat Acc (g)	-0.01	0.00	0.01	0.06	-0.03	0.00
Combined G	0.019	0.015	-0.004	0.211	0.015	0.123
MathsChannel1	29.977	31.362	1.385	31.362	29.977	30.652
Elapsed time (s)	520.00	531.20	11.20	--	--	--
Distance (m)	4528.43	4607.03	78.59	--	--	--

Рис. 5 – Розрахунок параметрів взаємодії водія

Далі пропонується для визначення впливу конфліктних ситуацій на характеристики трудової діяльності водія використати показники зміни функціонального стану. Функціональний стан водія може бути визначений за результатами електрофізіологічних здвигов [1–7, 9]:

– здвиг частоти серцебиття

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi - \Phi_0}{\Phi_0}, \quad (5)$$

– здвиг електропровідності шкіри

$$\Delta GSR = \frac{GSR - GSR_0}{GSR_0}, \quad (6)$$

– здвиг дихальних циклів/хв.

$$\Delta C = \frac{C - C_0}{C}, \quad (7)$$

де Φ – показник серцевого ритму, GSR – шкірно-гальванічна реакція (ШГР), C – параметри дихання водія.

Дослідження виконувались на різних категоріях міських вулиць в умовах вечірніх сутінок, тобто після заходу сонця. Водій в автомобілі-лабораторії після заходу сонця виконував пересування. Час дослідів співпадав з вечірньою годиною пік. Тобто отримані результати показують результати з максимальним навантаженням на водія. В експерименті приймали участь водії зі стажем керування від 3 до 7 років. Результати дослідження представлені на рис. 6–9.

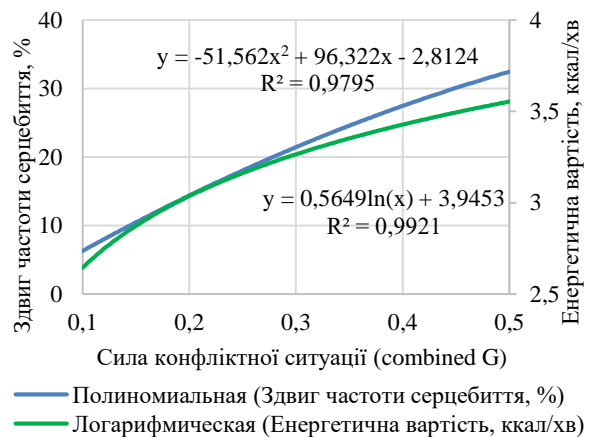


Рис. 6. Вплив сили конфліктної ситуації на здвиг частоти серцебиття та витрати енергії водієм

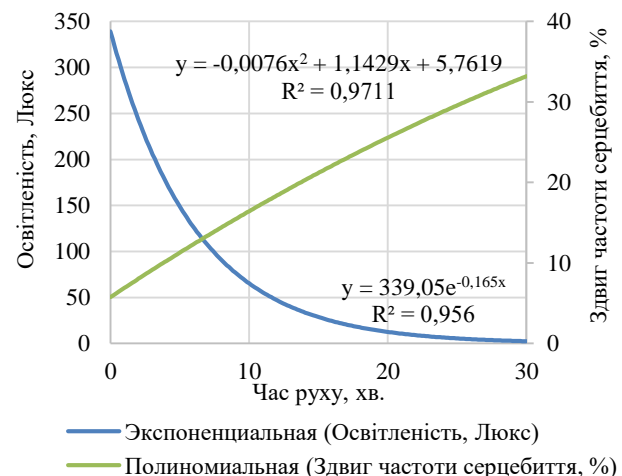


Рис. 7. Вплив освітленості на здвиг частоти серцебиття в умовах вечірніх сутінок

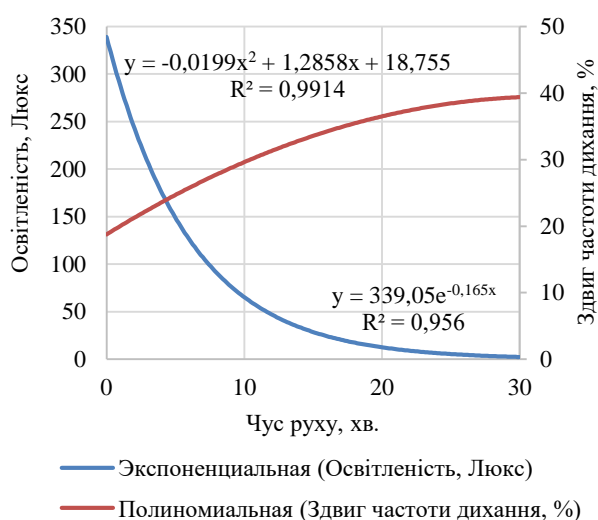


Рис. 8. Вплив освітленості на здви́г частоти дихання в умовах вечірніх сутінок

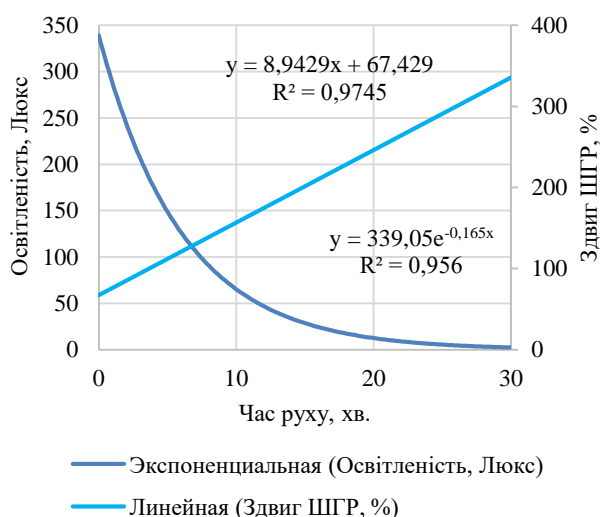


Рис. 9. Вплив освітленості на здви́г ШГР в умовах вечірніх сутінок

Отримані експериментально залежності зміни функціонального стану водія від умов руху можна використовувати для побудови багатofакторних моделей.

Висновки

Представлені дослідження охоплюють широке коло питань зміни функціонального стану водія від факторів дорожнього середовища. Представлений підхід визначення параметрів конфліктних ситуацій в подальшому можна використовувати для оцінки умов руху по маршрутах. Представлені залежності зміни функціонального стану водія від зміни освітленості показали, що при низьких рівнях освітленості в умовах вечірніх сутінок відбувається стрімке зростання здви́гів функціонального стану водія. При цьому енергетична вартість діяльності

водія виходить за межі допустимих значень в 2,9 ккал/хв і складала більше 3,5 ккал/хв.

Література

1. Гаврилов, Э. В. Теоретические основы проектирования и организации условий дорожного движения с учетом закономерностей поведения водителей [Текст]: дис. ... докт. техн. наук / Э. В. Гаврилов. – К. : КАДИ, 1992. – 300 с.
2. Гаврилов, Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте [Текст] / Гаврилов Э. В. – К.: Техника, 1976. – 152 с.
3. Бегма, И. В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог [Текст] / И. В. Бегма, Э. В. Гаврилов, Я. А. Калужский. — М. : Транспорт, 1976. — 88 с.
4. Лобанов, Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя [Текст] / Лобанов Е. М. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.
5. Лобашов, О.О. Влияние характеристик дорожного движения на функциональный стан водія [Текст] / О.О. Лобашов, О.В. Прасоленко // Комунальное хозяйство городов. – 2018. – Вып. 7 (146). – С. 40-45.
6. Nizami Gyulyev, Oleksii Lobashov, Oleksii Prasolenko, Dmytro Burko (2018). Research of Changing the Driver's Reaction Time in the Traffic Jam. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 308-314.
7. Prasolenko, O., Lobashov, O., & Galkin, A. (2015). The Human Factor in Road Traffic City. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1(3), 77-84.
8. Отраслевой дорожный методический документ: Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах [Текст] – Москва 2002.
9. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем [Текст] // Матеріали I Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 21-23 травня 2019 р. Рівне : НУВГП. 2019. - 208 с.

References

1. Gavrilov, E.V. (1992). Theoretical bases of designing and the organization of conditions of traffic taking into account laws of behavior of drivers. The dis. doctor of technical sciences. Sciences, KADI, 300.
2. Gavrilov, E.V.(1976). Ergonomics on the automobile transport. K. : Technika, 152.
3. Begma, I.V., Gavrilov, E. V., Kaluzhsky, Y. A. (1976). Accounting for the psychophysiology of drivers in the design of highways. M.: Transport, 88.
4. Lobanov, E. M. (1980). Designing roads and organizing traffic, taking into account the driver's psychophysiology. M.: Transport, 311.
5. Lobashov, O.O., Prasolenko, O. V. (2018). Influence of traffic factors on emotional state of the driver. *Municipal economy of cities*, 7 (146), 40-45.
6. Nizami Gyulyev, Oleksii Lobashov, Oleksii Prasolenko, Dmytro Burko (2018). Research of Changing the Driver's Reaction Time in the Traffic Jam. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 308-314.
7. Prasolenko, O., Lobashov, O., & Galkin, A. (2015). The Human Factor in Road Traffic City. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1(3), 77-84.
8. Sectoral road methodical document: Recommendations on ensuring the safety of traffic on motor roads (2002). Moscow.

9. Innovative Technologies for the Development of Mechanical Engineering and Efficient Operation of Transport Systems: (2019) *Materials of the 1st International Scientific and Technical Internet Conference May 21-23, 2019 in Rivne: NUVGP*, 208.

Рецензент: д-р техн. наук, доцент Н.У. Гюлев, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Автор: ПРАСОЛЕНКО Олександр Володимирович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – prasolenko@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7248-9915>

IMPACT OF ROAD CONFLICTS ON DRIVER PERFORMANCE AT TWILIGHT

O. Prasolenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Most of the road accidents (road traffic accidents) in the world are due to driver's fault. The reason is usually the driver's wrong actions in difficult road conditions, dangerous road traffic situations that depend on many factors driving the situation. Particularly necessary to indicate an accident in the dark and in the conditions of evening twilight in the autumn-winter period.

In these conditions, driving requires the driver to concentrate attention, the ability to maintain speed within his own functional comfort, and make prompt decisions about changing the trajectory and speed according to the road conditions.

About 90 percent of the drivers receives visual information. In the dark time of day, the illumination of the road is of great importance to the sight. In order for the eyes to recognize the object, a certain level of illumination is required. Subjects can be recognized by a silhouette - when the brightness of an object is lower than the brightness surrounding its background, or when the brightness interferes more with the surrounding background. The greatest difficulties for the driver occur when sharp changes in the illumination of the road, when moving in low light conditions. The rapid change in the levels of illumination causes irritation of the retina of the eye, and temporary glare occurs. The glare time varies widely and can take from a few seconds to a few minutes. Changing the lighting also affects the reaction time of the driver. Untimely or inaccurate reactions often lead to road accidents. The driver can not always see the trajectory of other cars or see the suddenly emerging pedestrian on the roadway. The reaction time in this case may vary from 0.4 to 2.5 s wide, depending on the professional experience and the individual psychophysiological characteristics of the driver.

The paper presents an approach to determining the impact of conflict situations on city streets on driver performance in the dark at the time of the day. The laws of changing the illumination in the evening conditions and the parameters of interaction of drivers in the dark time of day are investigated. The approach for determination of parameters of interaction of the driver with the road environment on the basis of the method of conflict situations is proposed. The indexes of change of the functional state of the driver and the energy cost when entering into various conflict situations on city streets are established at the dark time of day in the evening twilight.

Keywords: driver, conflict situations, traffic flow, functional status.