

УДК 656.13

О.О. Лобашов, О.В. Прасоленко, Д.Л. Бурко*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова***ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ЧАСУ РЕАКЦІЇ ВОДІЯ У ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ**

Виявлені закономірності зміни часу реакції водія у темну пору доби. Виявлено, що час реакції залежить від емоційного напруження водія, освітлення та кількості небезпечних дорожніх ситуацій на маршруті пересування. При незадовільному освітленні водії знижують швидкість руху і гірше реагують на небезпечні дорожні ситуації. При зменшенні емоційного напруження відбувається стрімке збільшення часу реакції водія.

Ключові слова: час реакції, індекс напруги, пішоход, сутінки, час руху.

А.О. Лобашов, А.В. Прасоленко, Д.Л. Бурко*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова***ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ В ТЁМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК**

Установлены закономерности изменения времени реакции водителя в темное время суток. Выведено, что время реакции зависит от эмоционального напряжения водителя, освещения и количества опасных дорожных ситуаций на маршруте движения. При неудовлетворительном освещении водители снижают скорость движения и хуже реагируют на опасные дорожные ситуации. При уменьшении эмоционального напряжения происходит стремительное увеличение времени реакции водителя.

Ключевые слова: время реакции, индекс напряжения, пешеход, сумерки, время движения.

O. Lobashov, O. Prasolenko, D. Burko*O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv***REGULARITIES OF CHANGING THE TIME OF THE DRIVER'S REACTION DURING THE DARK TIME OF THE DAY**

The regularities of changes in lighting and the probability of pedestrians passing while driving along the route are established. It was revealed that with a decrease in illumination and the onset of the dark time of day until the moment when the street lighting was turned on, the probability of passing pedestrians decreases. Presents regularities of changing the time of the driver's reaction in the dark. Revealed that the reaction time depends on the emotional stress of the driver, lighting and the number of dangerous driving situations on the route. With poor lighting drivers reduce the speed of movement and thereby reduce the emotional stress. With a decrease in emotional stress, there is a rapid increase in the reaction time of the driver.

Keywords: reaction time, stress index, pedestrian, twilight, time of movement.

Постановка проблеми. Згідно із статистичними даними, більше 80% дорожно-транспортних пригод (ДТП) відбувається з вини водія. 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 різких змін освітленості [1, 2]. Це приводить до погіршення візуального сприйняття елементів дорожньої обстановки. Особливою проблемою безпеки руху в темну пору доби є рух пішоходів. Складність розпізнавання пішоходів у водіїв виникає, коли освітлення різко змінюється з 300 до 20 люкс протягом 10-15 хвилин. Протягом цього періоду часу, згідно з дослідженнями [3, 4], ризики ДТП та тяжкість наслідків збільшуються в декілька разів. Причиною цього є швидка зміна освітленості. Як правило, вмикання освітлення в місті займає деякий час і не враховує фізіологію водія. Зміна освітлення призводить до засліплення водіїв. Водії в умовах засліплення бачать пішоходів погано, не встигають вчасно зреагувати, тому імовірність наїзду на пішохода зростає. Саме час реакції водія важливий в таких ситуаціях. У статті розглянуто закономірності зміни часу реакції водія в темну пору доби.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Статистика ДТП свідчить про підвищення небезпеки руху в темну пору доби. З даними транспортних досліджень кількість дорожно-транспортних пригод на 100 тисяч транспортних одиниць складає: в ранкові сутінки – 26; світлий час дня – 2; вечірні сутінки – 63; вночі – 4 од. відповідно. Тому, незважаючи на різкий спад інтенсивності руху, кількість дорожно-транспортних пригод в темний час доби непропорційно велика. Основною проблемою підвищення безпеки руху в темний час доби є різке зниження ефективності зорового сприйняття водіями середовища руху, що обумовлюється фізіологічними особливостями зору людини. Водій отримує більше 90% інформації, на основі переробки якої відбувається оцінка дорожньої обстановки. Невірна оцінка дорожньої обстановки в темну пору викликає зниження надійності водія і збільшення ймовірності ДТП. Збільшення тяжкості наслідків

ДТП в темну пору доби викликано тим, що водій пізніше, ніж вдень, бачить перешкоди, а отже не встигає знизити швидкість руху чи виконати певний маневр. Час реакції водія в вищезгаданих ситуаціях є вирішальним. Час реакції залежить від напруги, уваги водія та інших факторів. Раптова поява небезпеки значно збільшує час реакції. Відомо, що час реакції складається з декількох складових: сприйняття подразника, прийняття рішення та дії. На всі перераховані складові водієві може знадобитись від 0,7 до 2,5 секунди часу.

Основними причинами дорожньо-транспортних пригод вночі є: зменшення видимості та поганого освітлення доріг [3], засліплення водіїв фарами зустрічних автомобілів [4], відмова зовнішніх освітлювальних пристроїв або неналежне їх використання [4], зниження продуктивності водіїв вночі [1, 5]. Кожна з цих причин є результатом неправильної взаємодії в складній динамічній системі «водій–транспортний засіб–автомобіль» [2]. Аналізуючи характеристики всіх підсистем, можна стверджувати, що головним в системі «водій–транспортний засіб–автомобіль» є водій, який визначає напрямок і швидкість транспортного засобу в кожний момент руху [5].

Низький трафік вночі дає водію відчуття помилкової безпеки та самозаспокоєння. З'являються сонливість і млявість, уповільнюється сприйняття дорожньої ситуації [6,7], збільшується час прийняття рішень [8], увага зменшується [9]. Цей стан значною мірою визначається порушенням добового біоритму вночі, внаслідок чого знижується рівень психофізіологічних функцій, швидше розвивається стомлюваність, знижується ефективність [10]. Увага особливо знижується з 10 вечора до 6 ранку. У цей час різко порушується здатність водія швидко діяти, що ґрунтується на особливому стані його нервових процесів, що забезпечує негайні та доцільні дії в небезпечних ситуаціях водіння. Відсутність такої готовності призводить до того, що небезпечна ситуація для водія виявляється несподіваною, і він не в змозі зреагувати на неї досить швидко і правильно. Таким чином, взаємодія між водієм та іншими учасниками дорожнього руху та пішоходами в темряві (сутінках) є дуже актуальною.

Видимість вночі на неосвітлених дорогах забезпечується фарами (дальнє світло - на відстані 100-150 м., з вмиканням ближнього світла - 30-60 м). Чим більше швидкість, тим далі від машини водій зосереджує свою увагу, перекладаючи погляди на ділянки дороги, які гірше освітлені. Як наслідок, для сприйняття об'єктів потрібно більше часу, що збільшує тривалість реакцій [8]. При освітленні дороги фарами, обмежена ширина зони видимості створює небезпеку наїзду на пішохода, який, наближаючись до меж світлового конуса фар, довго не може потрапити в освітлену область [4].

Мета дослідження. Для встановлення закономірностей зміни часу реакції водія в темний час доби необхідно вирішити наступні проблеми:

- дослідити закономірності зміни освітлення при русі водія по маршруту;
- визначити значення вірогідності пропуску пішоходів водіями в умовах змінної освітленості;
- визначити закономірності зміни часу реакції водія в залежності від параметрів, що характеризують середовище руху, стан водія та маршрут руху..

Для вирішення цих проблем використовується датчик світла Neulog, реєстратор руху "Racelogic" використовується для вивчення часу реакції водія та параметрів руху транспортного засобу.

Основні матеріали дослідження. На першому етапі дослідження при русі водія запропонованим маршрутом фіксувалися показники освітлення та поряд з цим вірогідність пропуску пішоходів на нерегульованих пішохідних переходах (рис.1). Встановлено, що зі зменшенням освітленості та настанням темного періоду доби до моменту включення вуличного освітлення, водії припускаються помилок – не надають права перетину проїзної частини пішоходам в місцях, визначених правилами дорожнього руху. За експериментальними даними визначені закономірності зміни освітленості та вірогідності пропуску пішоходів на нерегульованих пішохідних переходах в залежності від часу руху по маршруту. Для цього використовувався статистичний пакет Statgraphics Centurion та отримані наступні рівняння регресії:

- зміни освітлення L_x :

$$L_x = EXP(6,33 - 0,00155 \cdot T_{рух}^2), \quad (1)$$

де $T_{рух}$ - часу руху водія по маршруту, хв.

- зміни вірогідності пропуску пішоходів P_p :

$$P_p = EXP(4,61 - 0,000365 \cdot T_{рух}^2), \quad (2)$$

Статистичні оцінки отриманих рівнянь регресії наступні: (1) - F-критерій=3024,1, коефіцієнт кореляції $R = 0,99$, середня помилка апроксимації $\varepsilon = 9,4\%$; (2) - F-критерій=280,2, коефіцієнт кореляції $R = 0,97$, середня помилка апроксимації $\varepsilon = 7,6\%$. Представлені характеристики рівнянь свідчать про їхню високу інформаційну спроможність, майже функціональний зв'язок між залежною та незалежною змінними, та можливість використання в практичних розрахунках для визначення зміни освітлення та вірогідності пропуску пішоходів (рис. 1).

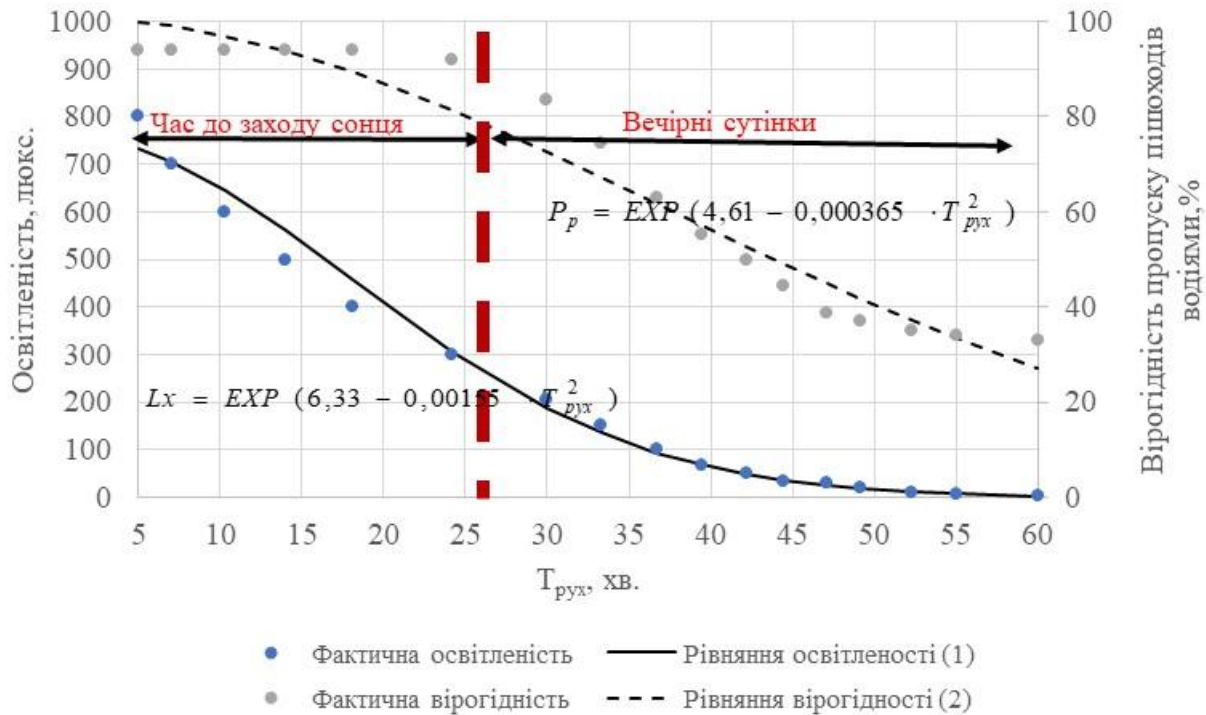


Рис. 1. Закономірності зміни освітлення та вірогідності пропуску пішоходів водіями

Для визначення коливань функціонально стану водія в процесі руху на маршруті з урахуванням освітленості будемо використовувати метод ECG [7]. В якості показника варіабельності серцевого ритму будемо використовувати індекс напруження регуляторних систем організму водія (IN). Саме серцевий ритм є стабільним і точним індикатором функціонального стану. В процесі дослідження використовувався показник зсуву індексу напруження (відношення фактичного індексу напруження водія до його фоного значення)

$$\Delta IN = \frac{IN_R}{IN_f} \quad (3)$$

де ΔIN – відношення фактичного індексу напруження водія до його фоного значення;

IN_R – індекс напруження на дорозі під час руху;

IN_f – індекс напруження у фоновому стані, коли водій лежить відкинувшись на сидінні із заплющеними очима перед поїздкою 10 хвилин..

Індекс напруження визначається за формулою:

$$IN = AM_o / 2\Delta XM_o, \quad (4)$$

де AM_o – амплітуда моди розподілу RR - інтервалів, %;

ΔX – варіаційний розмах RR – інтервалів;

M_o – діапазон значень RR - інтервалів, що найбільш часто зустрічаються (мода розподілу), с.

Для виконання експериментальних досліджень часу реакції ми підібрали групу водіїв. Стаж керування водіїв автомобілем складав від 3 до 7 років. Вибір водіїв зі стажем 5 (± 2) роки оснований на тому, що за статистикою такі водії найбільше потрапляють в ДТП[1]. Для водіїв зі стажем 5 (± 2) роки також характерне «імпульсивне» поведіння на дорозі. Дані водії більше схильні до ризиків та не можуть на декілька кроків наперед прораховувати дорожню ситуацію та характер її зміни. Для даної групи водіїв характерно перевищення швидкості руху та інші порушення правил дорожнього руху [5]. Саме необдуманість, ситуації її неусвідомлення мабуть і викликає у водіїв ці характерні вище названі ознаки. Оцінка небезпеки, що викликана появою пішохода, зустрічним автомобілем, автомобілем, що гальмує попереду і ін. у водіїв даної групи завжди недооцінена і має дуже хибні судження. Крім того, складні дорожні ситуації як магніт притягують водіїв-новачків. Навпаки водії з більшим стажем прагнуть не потрапляти в такі ситуації [2].

Мінімально необхідна кількість водіїв для випробування визначалась за формулою:

$$\eta = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{p^2} = \frac{6^2 \cdot 2^2}{5^2} = 6 \text{ водіїв.} \quad (5)$$

де σ – максимально можливе середньоквадратичне відхилення показників, стану водіїв в основних умовах руху ($\sigma = 6\%$);

p – точність фіксації показників стану водіїв.

Так, як помилка вимірів за допомогою апаратури, що використовувалася, не перевищує 5%, то $p = 5$; $t = 2$ при 95% забезпеченості результатів опитів.

Для визначення стресу водіїв ми виконали попередні заміри фонових станів. Фоновий стан ми замірювали у кожного водія перед поїздкою, в положенні лежачи на сидінні з заплющеними очима. Це стан перед поїздкою, водії як правило менш напружені та спокійні. Перед поїздкою реєструвався індекс напруження. В табл. 1 представлені дані для водіїв різних груп.

Таблиця 1.

Параметри випробування в фоновому стані на основі показників серцевого ритму

№ водія	Пульс	AM_o	ΔX	M_o	IN_f
1	74	29	195	750	96
2	76	31	196	760	111
3	63	46	144	900	88
4	62	44	112	950	67
5	69	45	138	870	78
6	64	43	131	920	72

Суть експерименту була в наступному. Група водіїв отримувала завдання рухатись з бажаними швидкостями руху по маршруту. Ми свідомо обрали представлену ділянку маршруту для визначення часу реакції водія. Вона найнебезпечніша, вимагає від водія концентрації уваги, вибору траєкторії та в разі небезпеки – миттєвої зміни швидкості руху. Окрім зміни траєкторії на цій ділянці також присутній нерегульований рух пішоходів. Все це значно ускладнює умови праці водія.

Далі ми задалися питанням: «Чи впливає отриманий стрес водієм під час небезпечних ситуацій на цій ділянці дороги на час реакції водія?» Для цього використовувалася наступна схема. Під час руху ми тестували водіїв на час простої реакції. Водіям за інструкцією потрібно було рухатись в правому ряду. Інструктор, що знаходився поруч з водієм, за допомогою мобільного телефону, та заздалегідь записаному звуковому сигналу, вмикав сигнал. Сигнал подавався, коли було зручно і безпечно виконати тест. Водієві потрібно було різко натиснути педаль гальма та утримати вповільнення автомобіля декілька секунд. Зазвичай воно складало до - 0,4 G. На рис. 2 представлено схему небезпечних ділянок маршруту руху та структуру гальмування.



Рис.2. Схема небезпечних ділянок маршруту руху та структура гальмування водієм

В результаті проведених експериментальних досліджень було отримано дані щодо зміни часу реакції водія, показників освітлення, кількості взаємодій з пішоходами, індексу напруги та часу руху водія по маршруту. Після обробки таких даних за допомогою прикладного статистичного пакету Statgraphics Centurion отримано наступне нелінійне рівняння регресії по визначенню часу реакції водія в залежності від перелічених вище параметрів:

$$T_p = -1,09 \cdot Lx^{0,119} + 2,26 \cdot e^{0,0068Np} + 0,025 \cdot e^{0,89\Delta N} + 1,99 \cdot e^{0,068T_{пyx}} \quad (6)$$

де Np - кількості взаємодій з пішоходами, од.;

Характеристики представленого рівняння наступні: коефіцієнт детермінації $R^2=0,98$, коефіцієнт кореляції $R=0,99$, середня помилка апроксимації $\varepsilon = 3,77\%$.

За характеристиками рівняння можна зробити висновок щодо можливості його використання для визначення зміни часу реакції водія в залежності від параметрів, що характеризують середовище руху, стан водія та маршрут руху мають практичне значення.

Висновки. В роботі були визначені закономірності зміни часу реакції водія у темну пору доби в умовах сутінок. Дослідження показало, що час реакції залежить від емоційного напруження водія, освітлення та кількості небезпечних дорожніх ситуацій на маршруті пересування. При незадовільному освітленні водії знижують швидкість руху і гірше реагують на небезпечні дорожні ситуації. При зменшенні емоційного напруження відбувається стрімке збільшення часу реакції водія. Представлена модель зміни часу реакції водія побудована для умов вечірніх сутінок. В моделі враховані такі фактори: освітленість середовища, час пересування з урахуванням зниження освітлення, зміна функціонального стану та кількість взаємодій з пішоходами на маршруті пересування. Отримана модель адекватна, похибка апроксимації склала – 3,77 %, коефіцієнт кореляції– 99%.

Список використаних джерел

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. / Э. В.Гаврилов – К.: Техника, 1976. – 152 с.
3. Бегма И. В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог / И. В. Бегма, Э. В. Гаврилов, Я. А. Калужский. — М. : Транспорт, 1976. — 88 с.
4. Дьяков А. Б. Автомобильная светотехника и безопасность движения. / А. Б. Дьяков– М.: Транспорт, 1973. – 125 с.
5. ЛобановЕ. М. Проектированиедорогиорганизациядвижениясучетомпсихофизиологиииводителя / Е. М. Лобанов. – М. :Транспорт, 1980. – 311 с.

6. Хворост М. В., Прасоленко О. В. Вплив факторів дорожнього руху на емоційний стан водія //Коммунальное хозяйство городов. – 2017. – №. 137. – С. 49-54.
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. Gyulyev, N., Lobashov, O., Prasolenko, O., & Burko, D. (2018). Research of Changing the Driver's Reaction Time in the Traffic Jam. International Journal of Engineering & Technology, 7(4.3), 308-314.
9. Taylor, D. H. (1964). Drivers galvanic skin response and the risk of accident. Ergonomics, 7(4), 439-451.
10. Villarejo, M. V., Zapirain, B. G., & Zorrilla, A. M. (2012). A stress sensor based on Galvanic Skin Response (GSR) controlled by ZigBee. Sensors, 12(5), 6075-6101.

Рецензенти:

Давідіч Ю.О., доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, професор кафедри «Транспортних систем і логістики», Харків, Україна.

Огар О.М., доктор технічних наук, професор, Український державний університет залізничного транспорту, завідувач кафедри «Залізничні станції та вузли», Харків, Україна.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2019