

О.В. Прасоленко, Д.Л. Бурко

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

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ УВАГИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ВОДІЯ У ВЕЧІРНІ СУТІНКИ ПРИ ПЕРЕСУВАННІ ПО МІСЬКИМ ВУЛИЦЯМ

В роботі розглянуто закономірності зміни уваги та енергетичних витрат водія у вечірні сутінки при пересуванні по міських вулицях. Група водіїв зі стажем 3-5 років та 10-16 років виконували заїзди у вечірніх сутінках на легкових автомобілях «С» класу. Технологія Eye Tracking була застосована для визначення уваги. Енергетичні витрати визначались за методикою, що враховує частоти зовнішнього дихання водія при русі по дорозі і в фоні. В результаті було отримано моделі зміни уваги водіїв з різним стажем керування та моделі енергетичних витрат під час руху у вечірні сутінки при певному рівні освітленості.

Ключові слова: водій, конфліктні ситуації, увага, енергетичні витрати.

Постановка проблеми

Динамічний процес руху транспортних засобів в містах пов'язаний із взаємодією з об'єктами дорожнього середовища. Дорожні умови, транспортний потік і пішоходи вимагають від водія певних дій для забезпечення безпеки дорожнього руху. За таких обставин надійність та безпека дорожнього руху в людино-машинних системах здебільшого залежить від функціонального стану водія (за умов безвідмовності технічної складової, підсистеми – «автомобіль») та його здатності реагувати на зміну дорожньої ситуації під час виникнення перешкод (конфліктні ситуації). Стохастична поведінка учасників дорожнього руху (водіїв в транспортному потоці, пішоходів) призводить до виникнення змін в русі транспортних засобів і потоку в цілому. Такі зміни виражаються через виникнення керуючих впливів на органи керування автомобіля водієм і зміну траєкторії та швидкості руху. В таких умовах, функціональний стан водія змінюється, змінюється увага водія та енергетичні витрати. Тому, оцінка функціонального стану водія при взаємодії з перешкодами представляє особливий інтерес [1-8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У процесі руху по дорозі на водія діють світлові, кольорні, звукові, механічні й інші подразники. Із усього величезного потоку інформації тільки незначна її частина використовується для організації цілеспрямованої діяльності. Необхідна інформація відбирається по двох ознаках: біологічної значимості для організму й значеннєвої значимості для процесу керування автомобілем. Таку інформацію несуть сигнали, пов'язані зі змінами в прищляховому просторі та в характеристиках руху автомобіля. У

їхне число включаються кутові швидкості руху об'єктів середовища, положення цих об'єктів щодо напрямку руху, показання приладів, шум двигуна, вібрація кузова й т.п. До 85% корисної інформації водій сприймає за допомогою зору. Причому, 91 % загального часу руху водій дивиться на дорогу, 8,1% – у дзеркала заднього виду, 0,4% – на важелі керування й тільки 0,5% – на прилади [1-3].

Важливою характеристикою сприйняття зорової інформації є здатність водія до сприйняття об'єктів дорожнього середовища в темний час доби. Відповідно до функцій кліток сітківки ока в темних приміщеннях працюють в основному палички (світлочутливі клітки). Колбочки (кольоровразливі клітини) практично не працюють, тому що для їхнього порушення в темних приміщеннях недостатньо світла і тому кольори не розрізняються. Це затрудняє впізнання предметів. Адаптація колбочок завершується протягом семи хвилин, у той час як адаптація паличок триває більше години [2]. Також, у темний час доби розширення зіниці водія супроводжується розширенням кута його зору. У результаті цього спотворюється подання про розміри предметів на дорозі. Тому в темний час доби виникає найбільше помилок при визначенні відстаней між автомобілями й ширини проїзної частини дороги й узбіч. Недостатнє освітлення дороги, наявність у полі зору сліпучих джерел, слабка контрастність об'єктів й ін. приводять до швидкого зниження працездатності, а отже і надійності водія [3].

Емоції значно впливають на працездатність водія. Працездатність залежно від рівня емоційної напруги може як знижуватися, так і підвищуватися. Це залежить від ступеня складності розв'язуваних завдань, рівня професійної підготовленості, емоційної стійкості водія та функціонального стану [2-5].

В якості можливих індикаторів динаміки функ-

ціональних станів сьогодні розглядаються різноманітні показники функціонування центральної нервової системи і вегетативні здвиги [1-6]. До їх числа відносяться перш за все електрофізіологічні показники: електроенцефалограма, електропневмограма, шкірно-гальванічна реакція, окулограма, частота серцевих скорочень, величина артеріального тиску, стан тону судин, величина діаметру зіниці і ін. Розвиток станів напруженості і втоми водія, пов'язані зі збільшенням енергетичних витрат, що призводить до закономірного зростання частоти серцевих скорочень, дихання і інших параметрів, що свідчать про зміни в енергетичному балансі організму водія [1, 2].

Формулювання мети статті

Метою дослідження є визначення впливу конфліктних ситуацій на міських вулицях на показники зміни уваги та енергетичних витрат водія у вечірні сутінки.

Виклад основного матеріалу

Для визначення впливу конфліктних ситуацій під час пересування у вечірні сутінки на показник уваги та енергетичні витрати водія було виконано дослідження в реальних умовах на міських вулицях. Експериментальні дослідження зміни показника уваги водіїв та функціонального стану в умовах вечірніх сутінок виконували на різних категоріях міських вулиць. В дослідженні приймали участь водії віком від 20 до 40 років зі стажем керування від 3 до 16 років. Для дослідження показників уваги водіїв використовували окуляри «Pupil Labs». Дослідження зміни освітленості при настанні сутінок виконували за допомогою приладу «Neulog light». Для реєстрації параметрів руху автомобіля використовували прилад «VBOX rascalogic». Функціональний стан водія визначали за результатами частоти зовнішнього дихання водія «Neulog Respiration Monitor Belt».

Для визначення енергетичних витрат водія використовується метод реєстрації зовнішнього дихання [1]:

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

де ΔE – 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.

Показник уваги водія визначали за формулою:

$$B_y = \frac{\sum_{i=1}^k T_{\phi i}}{T_{pyx}} \cdot 100, \% \quad (2)$$

де $T_{\phi i}$ – час фіксації погляду водія на певному i – му об'єкті середовища руху; k – кількість фіксацій погляду водія; T_{pyx} – загальний час руху.

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]. Для реєстрації параметрів вповільнення використовували прилад rascalogic [7].

Таблиця 1

Конфліктні ситуації за ступенем небезпеки

Критерії конфліктних ситуацій	Прискорення, м/с ² , для конфліктної ситуації		
	Легкі, К ₁	Середні, К ₂	Критичні, К ₃
Поздовжнє прискорення	2,9 ± 0,8	3,0 ± 0,7	>3,8
Поперечне прискорення	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,2	>1,7

Для визначення впливу умов руху на увагу водія та здвигу енергетичної вартості застосовано метод регресійного аналізу. В результаті обробки експериментальних даних було отримано наступні залежності уваги водіїв відповідно до їх стажу (формули 3,5) та енергетичних витрат (формули 4,6). Графічне представлення отриманих моделей зображено на рис. 1-4.

Модель уваги для водіїв зі стажем 3-5 років має вид:

$$A_{dr} = 54,19 + 2,08 \cdot \ln Lx - \exp(0,99 + 0,044 \cdot N_{cs}^2), \quad (3)$$

де N_{cs} – кількість конфліктних ситуацій на маршруті руху у вечірніх сутінках при певному рівні освітленості, од./км.;

Lx – рівень освітленості середовища руху у вечірніх сутінках, люкс.

Коефіцієнт кореляції для моделі склав – 0,97, середня помилка апроксимації – 1,89%.

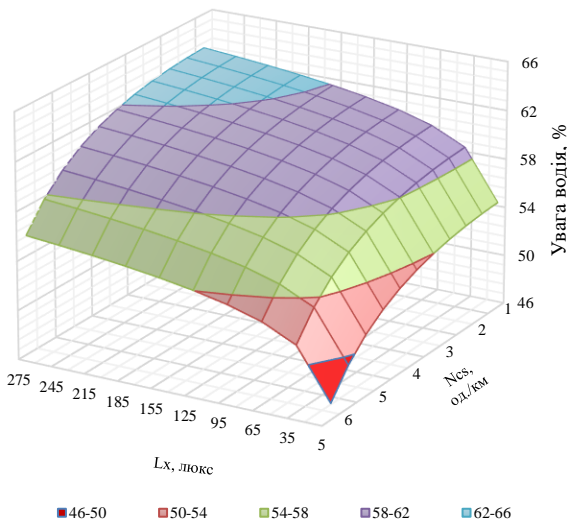


Рис. 1. Залежність уваги водія від кількості конфліктних ситуацій на маршруті та рівня освітленості середовища руху у вечірніх сутінках для водіїв зі стажем 3-5 років

Модель зміни енергетичних витрат для водіїв зі стажем 3-5 років має вид:

$$\Delta E = 0,03 \cdot N_{cs}^2 - 0,01 \cdot N_{cs} - 0,19 \cdot \ln Lx + 2,71, \quad (4)$$

Коефіцієнт кореляції для моделі склав – 0,98, середня помилка апроксимації – 3,1%.

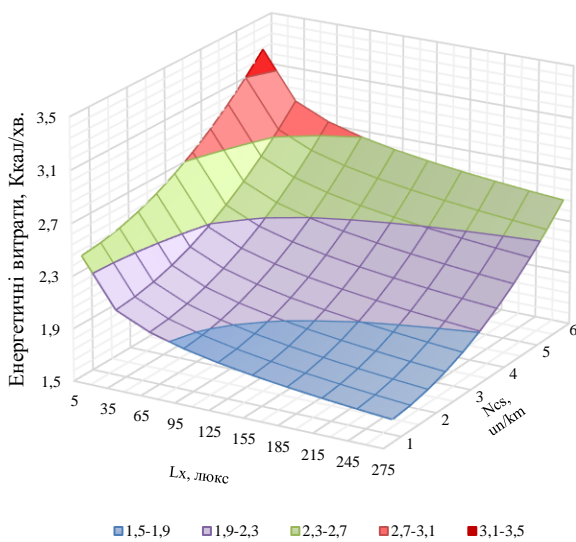


Рис. 2. Залежність зміни енергетичних витрат водія від кількості конфліктних ситуацій на маршруті та рівня освітленості середовища руху у вечірніх сутінках для водіїв зі стажем 3-5 років

Модель уваги для водіїв зі стажем 10-16 років:

$$A_{dr} = 57,78 + 1,898 \cdot \ln Lx - 0,18 \cdot N_{cs}^2, \quad (5)$$

Коефіцієнт кореляції для моделі склав – 0,94, середня помилка апроксимації – 1,81%.

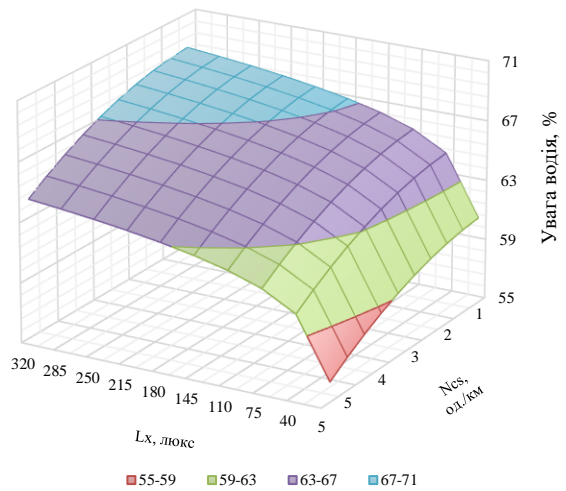


Рис. 3. Залежність уваги водія від кількості конфліктних ситуацій на маршруті та рівня освітленості середовища руху у вечірніх сутінках для водіїв зі стажем 10-16 років

Модель зміни енергетичних витрат для водіїв зі стажем 10-16 років має вид:

$$\Delta E = 0,035 \cdot N_{cs} + 0,01 \cdot N_{cs}^2 - 0,1 \cdot \ln Lx + 2,15, \quad (6)$$

Коефіцієнт кореляції для моделі склав – 0,97, середня помилка апроксимації – 5,9%.

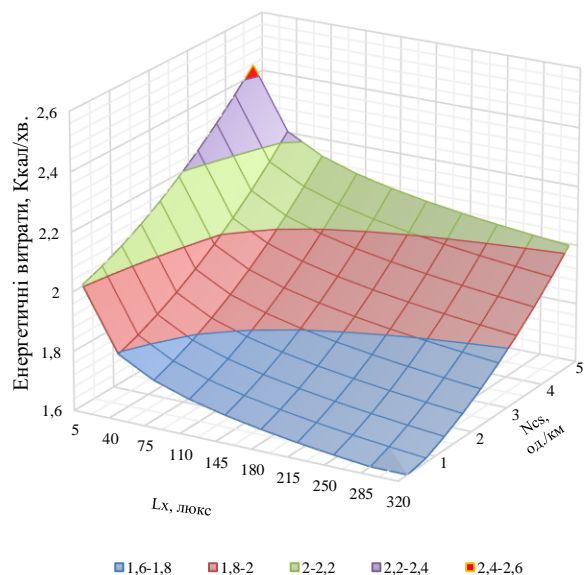


Рис. 4. Залежність зміни енергетичних витрат водія від кількості конфліктних ситуацій на маршруті та рівня освітленості середовища руху у вечірніх сутінках для водіїв зі стажем 10-16 років

Отже, в умовах вечірніх сутінок значно знижується увага водія. Водій при зміні освітленості від 50 люкс і менше відчуває зорове стомлення від постійного пошуку об'єктів на дорозі. При цьому, кількість фіксацій значно зменшується, так як водій більше часу витрачає на розпізнавання та пошук потрібних елементів дорожньої обстановки, пішоходів і ін. Небезпека у водія викликає стресовий стан, що відображається на збільшенні частоти дихання водія і як наслідок зміни функціонального стану. Основним фактором що впливає на кількість витраченої енергії в таких 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.

Висновки

Отримані залежності зміни функціонального стану водія від зміни освітленості показали, що при низьких рівнях освітленості в умовах вечірніх сутінок відбувається стрімке зростання здвигів функціонального стану водія. Таким чином енерговитрати водія під час руху залежать від типів конфліктних ситуацій і рівня освітленості. Було встановлено, що для водіїв з стажем керування менше 5 років здвиги функціонального стану мали більше значення в порівнянні з іншими водіями. Також такі водії мали менші показники уваги в порівнянні з досвідченими водіями зі стажем керування більше 10 років. Встановлено, що при зміні освітленості в умовах сутінок, витрата енергії збільшується в середньому до 3,3 Ккал/хв у водіїв зі стажем менше 5 років, а у водіїв зі стажем більше 10 років збільшується на 2,4 в середньому.

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. / 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 / Лобанов Е. М. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.*
5. Прасоленко О.В. *Влияние характеристик дорожного движения на функциональный стан водія //Коммунальное 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. *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: 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 p.*
2. Gavrilov E.V.(1976). *Ergonomics on the automobile transport. / Gavrilov E. V. K. : Technika, 152 p.*
3. I.V. Begma, E. V. Gavrilov, Y. A. Kaluzhsky (1976). *Accounting for the psychophysiology of drivers in the design of highways. M.: Transport, 88 p.*
4. Lobanov E. M. (1980). *Designing roads and organizing traffic, taking into account the driver's psychophysiology. M.: Transport, 311 p.*
5. Lobashov O.O., Prasolenko O. V. (2018). *Influence of traffic factors on emotional state of the driver. Municipal economy of cities, 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. *Innovative Technologies for the Development of Mechanical Engineering and Efficient Operation of Transport Systems: Materials of the 1st International Scientific and Technical Internet Conference May 21-23, 2019 in Rivne: NUVGP. 2019. - 208 p.*

Рецензент: доктор технічних наук, професор 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>

Автор: БУРКО Дмитро Леонідович кандидат технічних наук, доцент. Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – dburko81@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5094-1130>

PATTERNS OF ATTENTION AND ENERGY CONSUMPTION CHANGES IN TWILIGHT DURING DRIVING URBAN STREETS

O. Prasolenko, D. Burko

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

The dynamic process of movement of vehicles in cities is associated with interaction with objects of the road environment. Road conditions, traffic and pedestrians require certain actions from the driver to ensure road safety. Under such circumstances, the reliability and safety of road traffic in human-machine systems mainly depends on the functional state of the driver (provided that the technical component, the subsystem is "car") and his ability to respond to changes in the traffic situation when obstacles arise (conflict situations). The development of states of tension and fatigue of the driver is associated with an increase in energy costs, which leads to a natural increase in the heart rate, respiration and other parameters indicating changes in the energy balance of the driver's body.

Eye Tracking technology has been applied to detect attention. Energy costs were determined using a method that takes into account the frequency of the driver's external respiration when driving on the road and in the background. As a result, a model of change in the attention of drivers with driving experience and a model of energy consumption when driving in the evening twilight at a certain level of illumination were obtained.

To determine the influence of conflict situations during movement in the evening twilight on the indicator of attention and energy consumption of the driver, a study was carried out in real conditions on city streets. A group of drivers with experience of 3-5 years and 10-16 years performed arrivals in the evening twilight on passenger cars "C" class. Experimental studies of the indicator of drivers' attention and functional state in conditions of evening twilight were carried out on different categories of city streets. The study involved drivers between the ages of 20 and 40.

The obtained dependences of the change in the driver's functional state on illumination showed that at low illumination levels in the evening twilight, a rapid increase in the driver's functional state shifts. Thus, the energy consumption of the driver while driving depends on the types of conflict situations and the level of illumination. It was found that for drivers with less than 5 years of driving experience, shifts in functional state were more important than other drivers. Also, such drivers had lower attention indicators compared to experienced drivers with more than 10 years of driving experience. It was found that when the illumination changes at dusk, the energy consumption increases on average to 3.3 kcal / min for drivers with less than 5 years of experience, and for drivers with more than 10 years of experience, it increases by 2.4 kcal / min on average.

Keywords: *driver, conflict situations, attention, energy costs.*