

УДК 656.13–051:159.91

О.В. Прасоленко

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
**ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВОДІЯ В УМОВАХ
ВЕЧІРНІХ СУТІНОК НА МІСЬКИХ ВУЛИЦЯХ**

Досліджено зміну функціонального стану водія в умовах вечірніх сутінок при взаємодії з пішоходами. Для визначення функціонального стану використано метод ЕКГ. Для визначення впливу параметрів розташування пішоходів на пішохідних переходах на виникнення умовної реакції організму водія використано кутову швидкість руху відносно пішохода. Встановлено, що при зменшенні освітленості в умовах вечірніх сутінок зменшується частота умовної реакції водія на пішохода.

Ключові слова: водій, пішохід, функціональний стан, кутова швидкість, освітленість.

А.В. Прасоленко

Харківський національний університет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова
**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ В
УСЛОВИЯХ ВЕЧЕРНИХ СУМЕРЕК НА ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ**

Исследовано изменение функционального состояния водителя в условиях вечерних сумерек при взаимодействии с пешеходами. Для определения функционального состояния использован метод ЭКГ. Для определения влияния параметров расположения пешеходов на пешеходных переходах на возникновение условной реакции организма водителя использовано угловую скорость движения относительно пешехода. Установлено, что при уменьшении освещенности в условиях вечерних сумерек уменьшается частота условной реакции водителя на пешехода.

Ключевые слова: водитель, пешеход, функциональное состояние, угловая скорость, освещенность.

O. Prasolenko

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
**REGULARITY OF CHANGES IN THE FUNCTIONAL STATE OF THE DRIVER ON URBAN
STREETS AT TWILIGHT**

The change in the functional state of the driver in the evening twilight when interacting with pedestrians was investigated. To determine the functional state used ECG method. To determine the influence of the parameters of the location of pedestrians at pedestrian crossings on the occurrence of the conditional reaction of the driver's body, the angular velocity of movement relative to the pedestrian is used. It is established that with a decrease in illumination in the evening twilight, the frequency of the conditional reaction of the driver to a pedestrian decreases.

Keywords: driver, pedestrian, functional state, angular velocity, illumination.

Постановка проблеми. Згідно з [1–4] найбільша кількість і тяжкість наслідків від дорожньо-транспортних пригод відбувається у темну пору доби. Водії гірше бачать перешкоди під час руху, не вчасно розпізнають зміни траєкторій руху інших транспортних засобів та з запізненням реагують на появу пішоходів. Причиною цього є зниження зорової ефективності сприйняття дорожнього середовища водієм. Сенсорна інформація, що надходить до водія з боку дорожнього середовища є основою вибору стратегії і тактики поведінки водія на дорозі. Помилки під час керування водієм викликані, як правило, не вірно розпізнаними сигналами і стимулами. Саме брак інформації в темну пору для водія є основною проблемою під час керування. Діяльність водія в темну пору доби викликає емоційне напруження під час руху та при виникненні небезпечних ситуацій значні здвиги функціонального стану. Проблеми взаємодії водія з пішоходами на нерегульованих пішохідних переходах в умовах вечірніх сутінок викликають особливу увагу. Основною причиною є не розпізнавання пішоходів за силуетом та фоном. При цьому, для водія основними носіями інформації є кутові швидкості об'єктів середовища [1].

В статті розглянуто закономірності зміни функціонального стану водія в умовах вечірніх сутінок на міських вулицях при взаємодії з пішоходами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі водіння на дорозі водій визначає свої дії по керуванню автомобілем на основі інформації, джерелом якої є дорожнє середовище. Окремі елементи дорожнього середовища або їх сукупність у цілому виступають як носії інформації. З позиції інженерної психології визначаються як сигнали (подразники), що викликають певну реакцію з боку водія. Комплексна сенсомоторна реакція людини складається з двох періодів – прихованих (латентних) і моторних, в процесі яких реалізуються рішення і дії водієм [1–4].

В дорожніх дослідженнях психофізіологічна діяльність людини розглядається як комплекс дій і операцій, що здійснюються в процесі трудової діяльності. Отже, робота водія може бути

представлена рядом операцій, таких як водіння по кривій, обгін, стабілізація автомобіля, проходження перехрестя і т.д. Сукупність трудових операцій, що виконуються водієм, може бути представлена як багаторівнева система, що включає три основні групи психофізіологічних процесів [2]:

- зорове сприйняття (сприйняття інформації);
- робота центральної нервової системи (обробка та зберігання інформації);
- ефективна діяльність (відповідні дії на ухвалені рішення).

Переробка інформації в свідомості водія здійснюється в кілька етапів. На першому етапі сприймається інформація та виділяються корисні сигнали з шуму. У результаті у свідомості водія формуються первинні образи зовнішнього середовища. У той же час, з боку дорожнього середовища (об'єкти зовнішнього середовища), на аналізатори впливають стимули, серед яких є релевантні або оперативні (тобто ті що стосуються даного моменту процесу управління автомобілем) і нерелевантні (тобто «шум», який не має прямого значення для водія). Останнім періодом реакції водія на зовнішнє середовище є моторний період, протягом якого виконуються прийняті рішення.

Інформація про умови руху на ділянці дороги йде від зовнішнього середовища до водія через сенсорний вхід – систему аналізаторів. З усіх аналізаторів водія найважливішим є зір. У процесі руху 90–95% всієї вхідної інформації з зовнішнього середовища сприймається зоровим аналізатором. Функціонування системи «дорожня обстановка – водій – автомобіль» багато в чому залежить від того, наскільки точно і надійно працює зоровий аналізатор. Розпізнавання зображень зовнішнього світу в зоровому аналізаторі людини здійснюється послідовно, тобто увагу водій перемикає на наступний предмет тільки після майже повного розпізнавання попереднього.

Особливо важливою характеристикою прийому зорової інформації є здатність водія до сприйняття об'єктів дорожньої середовища в темний час доби [2]. Відповідно до функцій клітин сітківки ока в темних приміщеннях працюють в основному палички (світлочутливі клітини). Колбочки (кольорочутливі клітини) практично не працюють, тому що для їх збудження в темних приміщеннях недостатньо світла, і тому кольори не розрізняються. Це ускладнює впізнання предметів. Після того, як людина потрапляє в темряву, починає змінюватися чутливість сітківки. Зоровий аналізатор пристосовується до нових умов. Пороги збудження паличок і колбочок знижуються, і світло, яке раніше було невидимим, стає видимим і починає здаватися більш яскравим. Адаптація колбочок завернується протягом семи хвилин, в той час як адаптація паличок триває більше години. Крім адаптації паличок і колбочок, в темряві розширюється зіниця, що супроводжується збільшенням освітлюваної площі сітківки. Тому, після зустрічі з автомобілем у нічний час доби водій практично нічого не бачить протягом 5–10 с, процес руху здійснюється наосліп. Якщо такі зустрічі повторюються 10–15 разів на годину, то дуже швидко розвивається зорове стомлення.

Крім того, осліплення дезорганізує роботу водія, зменшує кількість сприйнятої інформації і призводить до помилок і аварій. У темний час доби розширення зіниці ока водія супроводжується розширенням кута його зору. В результаті цього спотворюється уявлення про розміри предмета. Тому в темний час доби виникає найбільше помилок при визначенні відстаней між автомобілями і ширини проїзної частини дороги та узбіч.

У міру наближення до пішохода світло фар все яскравіше висвітлює пішохода. У якийсь момент часу освітленості пішохода і фону порівнюються, і пішохід, зливаючись з фоном, «пропадає». Якщо в такий момент пішохід почне переходити дорогу, то можливий наїзд на нього. Аналогічне явище може виникнути і при так званій «світловій завісі», коли сильний світловий промінь від фар автомобіля, що рухається на зустріч, як би приховує розташовані за ним предмети, автомобілі, пішоходів. Оптичні ілюзії і галюцинації найчастіше з'являються при ослабленні зорової уваги, при зоровому стомленні. Суттєвим моментом в трудовій діяльності водія є сприйняття часу. Уміння точно оцінювати часові інтервали при маневруванні має вирішальне значення для забезпечення безпеки руху. Найбільш точно оцінює водій інтервали, рівні 0,75 с. На точність сприйняття часу впливають тренуваність водія, стомлення, індивідуальні особливості людини і його емоційний стан.

Регулюючи швидкість і траєкторію руху у темну пору доби на міських вулицях, водій змінює обсяг і швидкість інформаційного потоку, тобто змінює вплив навколишнього середовища. Таким чином, зміна режиму руху може розглядатися як протидія водія дії носіїв інформації навколишнього середовища (або стимулів, що надходять з середовища руху). Дослідження Е.В. Гаврилова показали, що інформаційне навантаження на водія здійснюється кутувими

швидкостями руху об'єктів навколишнього середовища і положенням цих об'єктів щодо напрямку руху [1]. Коли об'єкти навколишнього середовища сприймаються в русі, їх кутові швидкості перетворюються на видимі. Через видимі швидкості водій сприймає абсолютну віддаленість рухомих об'єктів, а через відмінності або зміни видимої швидкості – відмінності або зміни відстані. Віддалення або наближення об'єкта навколишнього середовища до лінії погляду водія підвищує ефект кутової швидкості. Тому, кутова швидкість об'єкта і його положення щодо напрямку руху водія можуть розглядатися як умовні стимули, що інформують водія про відстань рухомого об'єкта.

Умовний рефлекс до кутової швидкості формується протягом життя [1, 2]. Часто зустрічі з об'єктом навколишнього середовища супроводжуються зіткненнями людини з ним. В результаті, кутова швидкість перетворюється на умовний подразник, що сигналізує про появу небезпечного для людини безумовного рефлексу.

Мінімальне значення кутової швидкості, яке викликає у водія ледь помітне відчуття руху об'єкта, становить 15–30 хв/с. Чітка різниця в русі об'єкта навколишнього середовища досягається при кутовій швидкості 0,0524 рад/с. При кутовій швидкості руху 3,6 рад/с візуальні відчуття не виникають через коротку тривалість часу експозиції зображення об'єкта на сітківці. Водій може помітити різницю кутових швидкостей руху двох точок, тільки якщо ці кутові швидкості відрізняються за розмірами не менше ніж на 15–20% [2].

Дослідження показали, що кутові швидкості здатні сигналізувати про наближення небезпечного об'єкта і викликати умовну реакцію. Під сигнальним значенням мається на увазі здатність кутової швидкості сигналізувати водія про наближення небезпечного об'єкта і викликати умовну реакцію, що проявляється в миттєвій зміні швидкості і траєкторії руху або появі змін фізіологічних та психологічних у водія [1].

Мета дослідження. Для визначення закономірності зміни функціонального стану водія в умовах вечірніх сутінок на міських вулицях при взаємодії з пішоходами потрібно:

- визначити закономірності зміни кутових швидкостей;
- визначити частоту появи умовної реакції у водія через здвиг функціонального стану на появу пішохода.

Основні матеріали дослідження.

Отже зв'язок кутової швидкості з віддаленістю об'єктів середовища зумовлює її сигнальне значення, під яким мається на увазі здатність кутової швидкості сигналізувати наближення небезпечного об'єкта та викликати умовну реакцію, що виражається в мимовільному відхиленні людини від цього об'єкта. Для оцінки сигнального значення пропонується використовувати ймовірність знаходження пішохода у небезпечному для водія стані. Ці ймовірності можуть бути отримані шляхом статистичної обробки експериментальних даних про вплив пішоходів на функціональний стан водія. Сигнальне значення пішохода будемо оцінюватися за частотою того, що фактичне значення RR інтервалу електрокардіограми водія при зустрічі з пішоходом буде менше, ніж гранична межа. Граничне значення RR інтервалу було визначено на межі довірчого інтервалу для математичного очікування RR інтервалу [1]. Таким чином, кутові швидкості руху відносно пішоходів, які розташовані на краю проїжджої частини, можуть впливати на параметри руху автомобілів. Схема для визначення співвідношення кутової швидкості відносно пішохода показана на рис.1, зміна кута периферійного зору водія, що залежить від швидкості руху представлена на рис. 2.

Величину кутової швидкості пішохода визначаємо за формулою[3]

$$\omega = \frac{V_i \cdot \sin \gamma}{l} \cdot \frac{\pi}{180}, \quad (1)$$

де V_i – лінійна швидкість руху відносно пішохода, м/с;

l – відстань від водія до пішохода, м.;

γ – кут периферійного зору який залежить від швидкості руху водія автомобіля (рис. 1).

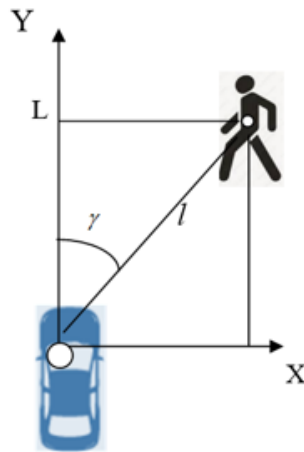


Рис. 1. Схема для визначення кутової швидкості пішохода (Y- напрям водіння автомобіля)

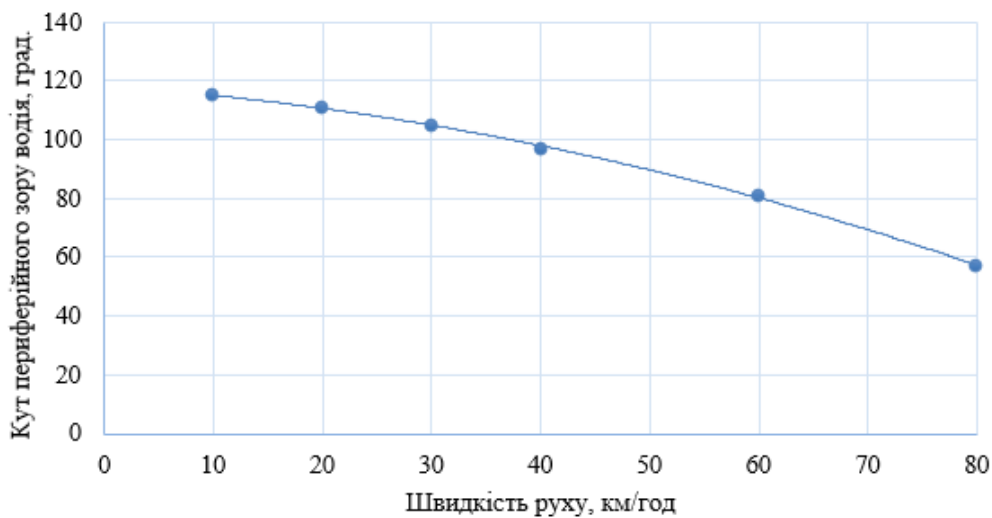


Рис. 2. Залежність кута периферійного зору водія від швидкості руху [3]

Відстань від водія до пішохода визначаємо за формулою

$$l = \sqrt{L^2 + x^2}, \quad (2)$$

де L – відстань від водія до пішохода у напрямку руху автомобіля, м;

x – бічне відстань перпендикулярно від водія до пішохода, м.

Експериментальні дослідження виконували на вулицях міста на не регульованих пішохідних переходах. У експериментах використовувалися автомобілі класу «В» і «С». В процесі експериментальних заїздів здійснювалась безперервна реєстрація параметрів руху, показників функціонального стану водія.

Параметри руху, дороги були зафіксовані за допомогою пристрою Racelogic [5, 6]. VideoVbox був використаний для запису фактичної траєкторії автомобіля, фактичної швидкості і ряду інших параметрів.

Функціональний стан водія оцінювали за результатами безперервної реєстрації електрокардіограми (ЕКГ) [1–4]. Для реєстрації ЕКГ водія використовувався стандартний холтер «CardioSens».

Під час обробки електрофізіологічних характеристик стану досліджуваних водіїв були розраховані характеристики:

$$\Delta F = \frac{F_o - F}{F_o}, \quad (3)$$

де ΔF – зміна частоти серцевих скорочень;

F , F_0 – час RR інтервалу електрокардіограми при русі по дорозі і в стані перед поїздкою, мс.

Для участі в експериментах була сформована група з 6 водіїв з професійним досвідом від 3 до 7 років і віком від 20 до 25 років. Група включала водіїв з високою функціональною рухливістю нервових процесів, високою збудливістю і реактивністю. Водії з такими властивостями нервової системи є «найгіршими» у складі транспортного потоку. Вони часто потрапляють у аварії і віддають перевагу ситуаціям з низьким рівнем стимуляції. Якщо «гірші» водії успішно справляються з завданнями водіння автомобіля на дорозі, то інші водії успішно виконуватимуть свої функції [1].

Формування умовного рефлексу до кутової швидкості відносно пішохода за формулою (1) встановлювали експериментально на прямій горизонтальній ділянці вулиці. Вулиця була шириною 12 м з чотирма смугами руху (рис. 3).

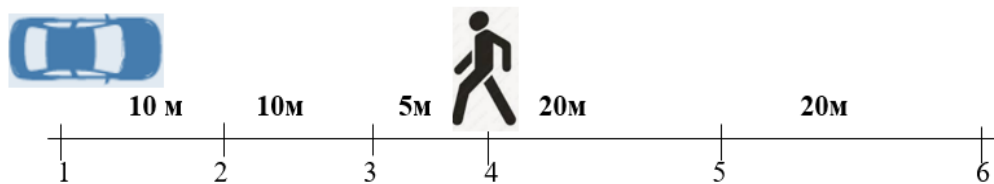


Рис.3. Розташування контрольних точок фіксації параметрів руху і функціонального стану водія при взаємодії з пішоходом

У межах експериментального відрізка розташовувалися контрольні точки. Четвертий підрахунковий пункт знаходився на пішохідному переході (рис. 3). У кожній контрольній точці, використовуючи VideoVbox фіксували положення транспортного засобу та параметри руху. Експерименти почали з заїздів на експериментальній ділянці з нерегламентованим режимом, тобто рух здійснювався з бажаною швидкістю і траєкторією для водія в світлу пору. Кожен водій виконував 10 заїздів. Експериментальний заїзд починали на відстані 400 м від пішохідного переходу. Кожний заїзд виконувався в час максимальної відсутності інших транспортних засобів в межах експериментальної зони. Всі заїзди виконувались при різному освітленні в умовах вечірніх сутінок [7]. Результати дослідів показали, що при наближенні пішохода в поздовжньому напрямку дороги, бічна відстань від водія автомобіля до пішохода в перерізі дороги збільшується.

Результати експериментів з нерегламентованим режимом дозволили встановити середні значення показників функціонального стану водія та їх довірчі інтервали. Вихід фактичних показників функціонального стану за межі довірчого інтервалу був використаний для визначення реакції водія на вплив умовного подразника (пішохода) в подальших експериментах з регламентованим режимом руху при зміні освітленості.

Регламентований режим руху здійснювався по експериментальній ділянці з певною швидкістю (20, 30, 40, 50 км/год) на заданій відстані відносно пішохода (лівий ряд, правий ряд для водія).

Частоту виникнення умовної реакції водія на пішохода розраховували за формулою:

$$P_r = \frac{n}{N}, \quad (4)$$

де n – кількість випадків умовної реакції організму водія у виді перевищення граничних характеристик функціонального стану;

N – загальна кількість реакцій.

Кількість зустрічей водія з пішоходом, які отримали підкріплення у вигляді перевищення граничних характеристик функціонального стану водія при кутовій швидкості пішохода (час RR інтервалу електрокардіограми під час експериментального заїзду < часу RR інтервалу в нерегламентованому режимі, тобто за власними обраними швидкостями та траєкторіями руху без наявності пішохода та інших перешкод) представлено на рис. 4.

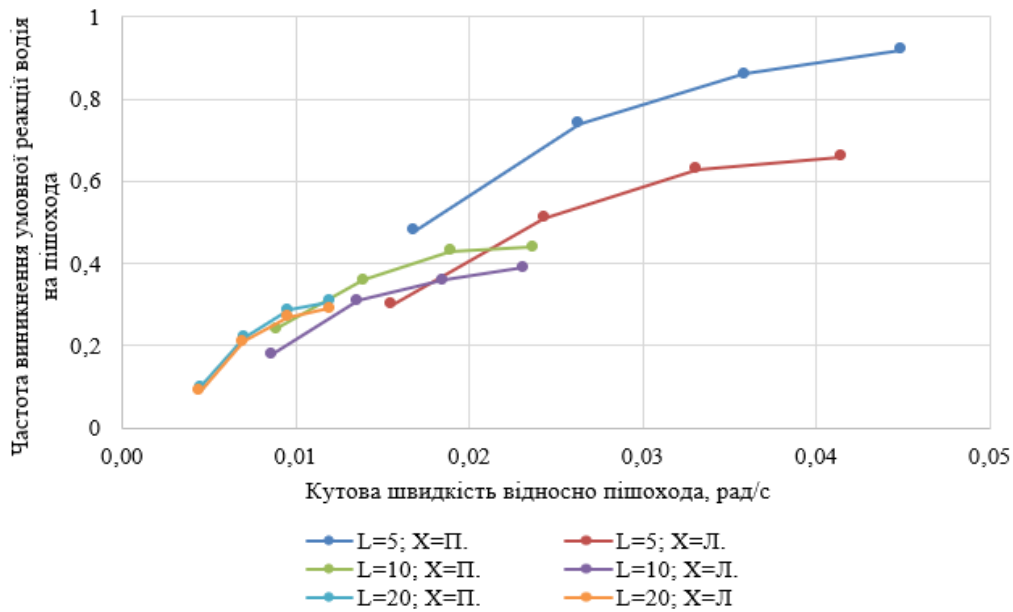


Рис. 4. Частота виникнення умовної реакції водія на пішохода при зміні кутової швидкості в умовах до заходу сонця (де L – відстань до пішохода в напрямку руху, м; П – рух у правому ряді; Л – рух у лівому ряді)

З рис. 4 видно що найбільша частота здвигів функціонального стану водія відбувається саме на пішохідному переході при русі у правому ряду. На питання чи зміниться умовна реакція водія на пішохода при зміні освітленості було виконано дослідження для даної характеристики (рис. 5).

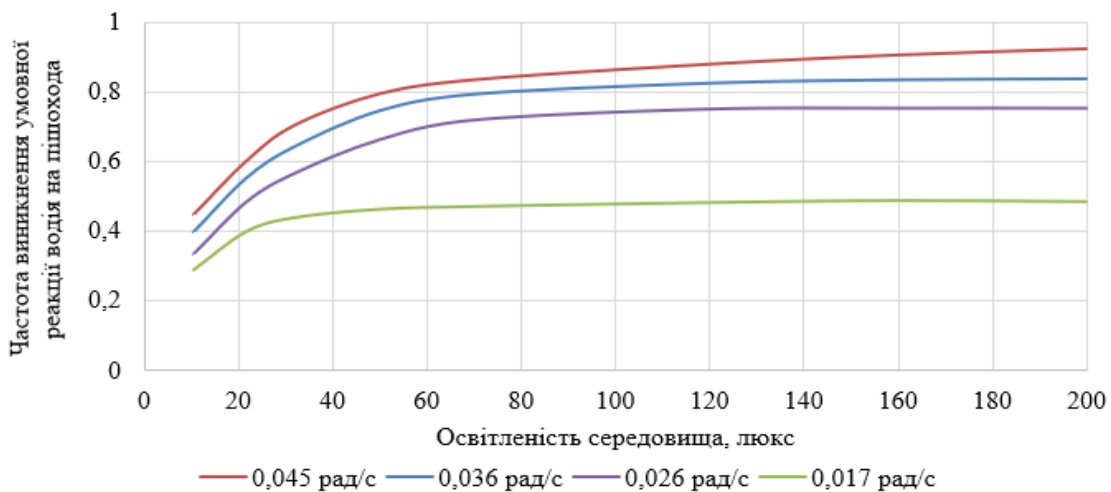


Рис. 5. Зміна частоти умовної реакції водія на кутову швидкість пішохода при зміні освітленості в умовах вечірніх сутінок

Висновки. Пішоходи створюють відчуття суб'єктивної небезпеки у водія. Водій інстинктивно зменшує швидкість руху, тим самим зменшує можливий вплив пішохода на свій функціональний стан. Якщо водій не сповільнюється, його пульс збільшується. Кутова швидкість пішохода по відношенню до водія може розглядатися як умовний подразник, який сигналізує про наближення небезпеки і викликає умовну реакцію, що проявляється в зміні швидкості, траєкторії та зміні функціонального стану водія. Проте, дослідження виконані при зміні освітленості показали, що частота умовного рефлексу здвигу серцебиття у водія при зменшенні освітленості зменшується. Водії перестають відчувати небезпеку і тим самим нехтують появою пішохода, тому що вони не встигають його розгледіти. При освітленості менше 50 люкс слід розглянути питання своєчасного ввімкнення освітлення.

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. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.
5. Лобашов О.О. Вплив характеристик дорожнього руху на функціональний стан водія / О.О. Лобашов, О.В. Прасоленко // Коммунальное хозяйство городов. – 2018. – Вип. №. 7 (146). – С. 40 – 45.
6. 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.
7. О.О. Лобашов, О.В. Прасоленко, Д.Л. Бурко. Закономірності зміни часу реакції водія у темну пору доби // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк. – 2019. – Вип. №65. – С. 142–146.

Рецензенти:

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

Гюлев Н.У., доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, доцент кафедри «Транспортних систем и логістики», Харків, Україна.

Стаття надійшла до редакції 02.05.2019