

УДК 656.1

Осипов В. О., канд. техн. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0001-9284-7919>*Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА), м. Київ, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗОРОВИХ ОРІЄНТОВНО-ПОШУКОВИХ РУХІВ ВОДІЯ НА ПРИКЛАДІ СВІТЛОПОВЕРТАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОЖНЬОЇ ОГОРОЖІ ПЕРШОЇ ГРУПИ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

Анотація

Вступ. Вивчення закономірностей взаємодії підсистем системи Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище дають змогу дослідникам знаходити нові критерії, які мають вплив на роботу системи. Одним із значущих чинників є взаємодія підсистеми Водій із підсистемою Дорога.

Проблематика. Як відомо, візуальний пошук [1] — це процес зорового або технічного спостереження (обстеження) простору, якій має на меті виявити об'єкт — предмет пошуку. Залежно від дорожньої ситуації пошук передбачає, що об'єкт небезпеки з'явиться в очікуваному просторі або часі. Та часто візуальне спостереження проводиться з метою переконатися у відсутності потенційних небезпек. Таким чином, функція водія під час руху — постійний візуальний моніторинг дорожніх умов [2], параметри яких і буде досліджено.

Мета. Пошук способів оцінювання можливостей водіїв своєчасно знаходити небезпеки та адекватно оцінювати їхній рівень для прийняття відповідних управлінських рішень в умовах перенавантаження інформацією на дорогах населених пунктів.

Матеріали і методи. У рамках вивчення проблематики зроблено аналіз публікацій закордонних і вітчизняних дослідників [3 – 7], які присвячені проблемі зорового пошуку небезпек водіями транспортних засобів, пілотами літальних апаратів та авторські напрацювання із цієї проблематики [8 – 10].

Результати. Розглянуто проблему візуального пошуку водієм потенційних небезпек у процесі руху вулицями та дорогами населених пунктів. Досліджено психологічний темп водія, а саме швидкості зорових орієнтовно-пошукових рухів на прикладі світлоповертального елемента дорожньої огорожі першої групи. У рамках роботи реалізовано алгоритм знаходження респондентами об'єктів потенційної небезпеки на анкетах-фотознімках.

Висновки. Спираючись на отримані результати можна говорити про певну залежність впливу швидкості зорового пошуку небезпек водіями транспортних засобів на зниження коефіцієнта аварійності. Впроваджені вже на сьогодні інженерні заходи у м. Києві дають змогу проводити повноцінні дослідження їхнього впливу на стримування швидкості руху.

Ключові слова: водій, дорожні умови, небезпека, предмет пошуку.

Вступ

Вивчення закономірностей взаємодії підсистем системи Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище дають змогу дослідникам знаходити нові критерії, які мають вплив на роботу системи. Одним із значущих чинників є взаємодія підсистеми Водій із підсистемою Дорога. Як відомо, візуальний пошук [1] — це процес зорового або технічного спостереження обстеження простору, якій має на меті виявити об'єкт — предмет пошуку. Залежно від дорожньої ситуації пошук передбачає, що об'єкт небезпеки з'явиться в очікуваному просторі або часі. Та часто візуальне спостереження проводиться з метою переконання у відсутності потенційних небезпек. Таким чином, функція водія під час руху — постійний візуальний моніторинг дорожніх умов [2], параметри яких і буде досліджено.

Основна частина

Зір водія є основоположним при моніторингу дорожніх умов в процесі руху, всі інші неоптичні органи є другорядними.

До безсумнівних переваг зору водія ми можемо віднести:

- надвисока щільність зору (біля 1' неозброєного ока);
- робота зору в широкому охопті насиченості ($L = 10^6$ - 10^4 кд/м², здатність очей до оперативної переадаптації);
- можливість зору виконувати роботу в достатньому спектрі сприйняття кольоровості 380-760 нм;

- світлова чутливість очей (абсолютний поріг 10⁻⁹ лк);
- ідентифікація об'єктів, які здійснюють рух;
- потенціал водія до розвитку навичок;
- аналітичний потенціал та вміння концентруватися тощо.

Окрему нішу займають негативні здібності організму людини:

- знемога;
- психофізіологічний стан;
- низька реакція.

Відомі два види зорового пошуку — повільний, при якому водій сам обирає, як, скільки та як часто він буде робити зоровий моніторинг дорожньої обстановки, та організований, коли водій виконує моніторинг у чіткій послідовності, яка обумовлена наявністю на дорозі технічних засобів регулювання дорожнім рухом, на які водій реагує типовими діями [11].

Який із цих двох способів буде використовувати водій — не має принципового значення, головний результат — своєчасне виявлення небезпеки; як найпростіша задача та більш складна — визначення рівня небезпеки та прийняття відштовхуючись від цього адекватного за складністю рішення. На цей вид виявлення небезпеки має суттєвий вплив кліматичний і часовий фактор, цей аспект потребує окремого дослідження.

Подекуди дослідники використовують термін «примусовий пошук» коли рівень та якість виявлення небезпек напряму залежить від швидкості подачі та зорового опрацювання інформаційного потоку водієм.

Вірогідність виявлення небезпечних об'єктів визначають за формулою [12]:

$$P_n = 1 - \exp\left(\frac{c \cdot \varepsilon^2 \cdot \gamma^3 \cdot L_{\Phi}^{0,3} \cdot t}{(2 \cdot \beta)^2}\right), \quad (1)$$

де P_n — вірогідність виявлення небезпечного об'єкта;
 c — коефіцієнт, який показує рівень навичок водія;
 ε — рівень контрасту дорожньої обстановки по відношенню до місцевості;
 γ — кутові розміри небезпечного об'єкта у хвилинах, що знаходяться:

$$\gamma = 3440 \cdot \frac{l}{R}, \quad (2)$$

де l — габарити об'єкта небезпеки;
 R — об'єктивна відстань до об'єкта небезпеки;
 2β — кутовий розмір поля пошуку, град;
 t — час пошуку.

Вірогідність виявлення окремих об'єктів небезпеки:

$$P_T = 1 - \exp \left(- \frac{a \cdot E^2 \cdot t}{(2 \cdot \beta)^2 \cdot L^{2 \cdot n}} \right), \quad (3)$$

- де P_T — вірогідність виявлення об'єкта небезпеки водієм;
 a — коефіцієнт, який характеризує зоровий рівень водія:
 a_A (бінокулярний) = $2,6 \cdot 10^{14}$;
 a_I (монокулярний) = $1,8 \cdot 10^{14}$;
 E — блиск точкового джерела (освітленість на зіниці ока водія);
 n — визначається за формулою Гершуна [2]:

$$n = 0,6 + 0,1 \cdot \lg L_{\phi}. \quad (4)$$

У психології про вибірккову увагу говорять, коли мають на увазі діяльність, пов'язану з виконанням будь-яких змістовних об'єктів із фону. Для дослідження психічного темпу водія, а саме швидкості зорових орієнтовно-пошукових рухів на прикладі світлоповертального елемента дослідники-психологи окрім інших пропонують застосовувати таблиці Шульге [13], (**рис. 1**) або їхні аналоги, де в довільному порядку розташовані числа від 1 до 25.

21	12	7	1	20
6	15	17	3	18
19	4	8	25	13
24	2	22	10	5
9	14	11	23	16

a

9	5	11	23	20
14	25	17	19	13
3	21	7	16	1
18	12	6	24	4
8	15	10	2	22

б

22	25	7	21	11
6	2	10	3	23
17	12	15	5	18
1	16	20	9	24
19	13	4	14	8

в

14	18	7	24	21
22	1	10	9	6
16	5	8	20	11
23	2	25	3	15
19	13	17	12	4

г

5	14	12	23	2
18	25	7	24	13
11	3	20	4	16
6	10	19	22	1
21	15	9	17	8

д

Рисунок 1 — Таблиці Шульге

Для оцінювання адекватності роботи вибраних класифікаторів у рамках роботи запропоновано та реалізовано алгоритм знаходження респондентами об'єктів потенційної небезпеки, а саме світлоповертальних елементів дорожньої огорожі першої групи за допомогою спеціально підготовлених анкет-фотознімків (**рис. 2**) [14]. Алгоритм знаходження небезпек показано на **рис. 3**.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 2 — Зразок картки

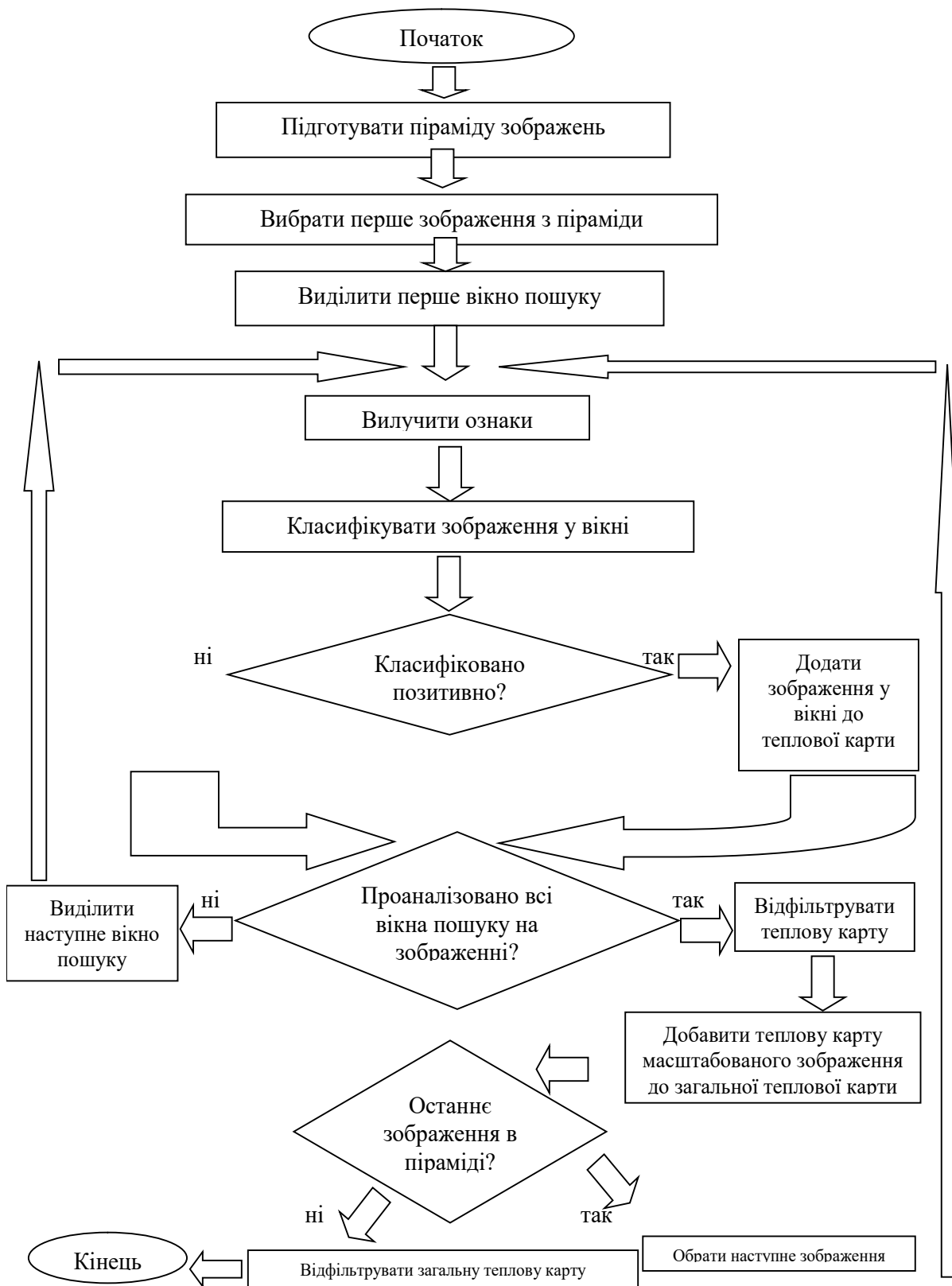


Рисунок 3 — Алгоритм знаходження об'єктів потенційної небезпеки

За задумом автора необхідно у кожній таблиці від *a* до *d* відшукати по порядку всі числа; час який витрачено на пошук, контролюють за секундоміром. Людина (водій) з високим рівнем уваги витрачає на пошук чисел в одній таблиці від 25 до 30 секунд.

За аналогією таблиць було підготовлено експертні картки для водіїв з імітацією різних типів реальних дорожніх ситуацій, еталонним заміром визначено результат, який показав на картках з шістьма різноманітними дорожніми ситуаціями у кожній професійний водій 1 класу зі стажем роботи 20 років, віком 42 роки о 08.00 ранку (понеділок). Результат склав 5 секунд.

Всього в експерименті було залучено 31 респондент віком від 22 до 45 років (студенти вишів, водії-любители тощо). Опитування проводили протягом тижня (понеділок – п'ятниця), середина дня. Після початку відліку часу об'єкт дослідження вишукує на першій картці заданий елемент (у даному випадку — світлоповертач), без перерви переходить до пошуку об'єкта на другу картку і так послідовно до останньої картки. Задача полягає в тому, щоб як найшвидше знайти заданий елемент на картці — створюється штучна імітація пошуку водієм-респондентом небезпек на дорозі в умовах руху. Задача контролера — слідкувати за правильністю пошуку елементів, відслідковувати час, який затрачено на пошук по кожній картці. Після тестування респондент заносить отримані результати до таблиці (табл. 1).

Таблиця 1

Данні тестування, респондент 1 (зразок)

Таблиця 1	Час
Рис. а	1,5
Рис. б	1,0
Рис. в	1,0
Рис. г	2,0
Рис. д	2,0
Рис. е	1,0

Загальна 8,5

На основі отриманих результатів будується гістограма часу зорових орієнтовно-пошукових рухів по кожному тесту (рис. 4) та складаються усереднені результати тестування, рис. 5.



Рисунок 4 — Гістограма тривалості зорових орієнтовно-пошукових рухів

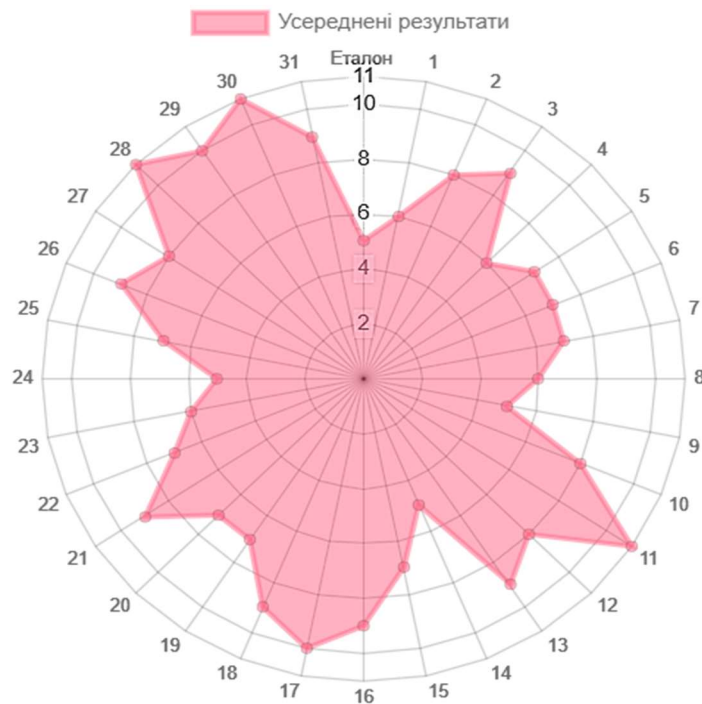


Рисунок 5 — Узагальнені (середні) результати тестування

Висновки

Складності у пошуку окремих об'єктів, як правило, говорять про нерівномірність темпу психічної діяльності водія. Збільшення часу на пошук елементів небезпеки згідно таблиці говорять про початок втомленості, астеноїю нервової системи. Отримані результати є доволі різними, відрив від еталона складає у максимумі 2,2 рази. Це може говорити про те, що рівень фізичних можливостей, підготовки водіїв значно різняться, це потрібно враховувати у подальшій роботі, як один із чинників роботи підсистеми Водій у системі Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище. Спираючись на отримані результати можна говорити про певну залежність впливу швидкості зорового пошуку небезпек водіями транспортних засобів на зниження коефіцієнта аварійності. Впроваджені вже на сьогодні інженерні заходи у м. Києві дають змогу проводити повноцінні дослідження щодо їхнього впливу на стримування швидкості руху.

Список літератури

1. Shapiro, Linda; George Stockman (2001). Computer Vision. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN 0-13-030796-3.
2. Системи та комплекси електросвітлотехнічного забезпечення польотів : навч. посіб. / уклад. : Ю. М. Квач, А. П. Колотюк. Київ, 2012. 160 с.
3. Осипов В. О. Питання підвищення безпеки руху за рахунок використання нових світлоповертальних елементів. *Вісник Національного транспортного університету*. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. Випуск 1 (46), 2020. С. 253–263. DOI: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2020-1-46-253-263>.
4. Петров В. В. Світлоповертання: проблеми та досягнення. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. 2008. Т. 10, № 1. С. 3–15.
5. Ю. М. Квач, А. П. Колотюк. Системи та комплекси електросвітлотехнічного забезпечення польотів : навч. посіб. Київ, 2012. 160 с.
6. Кужель В. П. Вплив контрасту об'єкта розрізнення з фоном на видимість дорожньої обстановки в світлі автомобільних фар. *Вісник СХУ імені Володимира Даля*. 2009. № 11 (141). С. 118–122.

7. Жук М. М., Бойків М. В., Постранський Т. М. Період настання сутінок, як чинник впливу на функціональний стан водія. *Наукові нотатки*. 2014. № 46. С. 182–185.
8. Осипов В. О., Мельниченко О. І. Удосконалення методу оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг: монографія. НТУ, 2019. 172 с.
9. Осипов В. О. Безпека дорожнього руху: технічні засоби та інженерне облаштування: навчальний посібник. Луганськ, 2014. 192 с.
10. Пат. На промисловий зразок № 39167 Україна МКПЗ 10-06. Світлоповертальний елемент на транспортне огороження / заявник та патентовласник Комунальна корпорація «Київавтодор». s201801608 заявл. 06.06.2018; публікація 10.05.2019. Бюл. № 9.
11. Melnichenko O. Scoring method of evaluating road safety as part of management. *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej*, Częstochowa (PNAP), 2023, Vol. 61, No. 6. P. 195–202. DOI: <https://doi.org/10.23856/6124>.
12. Gusteliev O. Implement technical solutions for road safety. The IV International Scientific and Practical Conference “Science, practice and theory”, February 1 – 4, 2022, Tokyo, Japan. P. 533–535.
13. Козляковський П. А. Загальна психологія: навч. посібник: В 2 т. 2-ге вид. Т. II. Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2004. 240 с.
14. Ткаченко І. О. Ризики у транспортних процесах : навч. Харків : ХНУМГ ім. О. Бекетова, 2017. 114 с.

References

1. Shapiro, Linda; George Stockman (2001). Computer Vision. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN 0-13-030796-3 [in English].
2. Systemy ta komplekсы elektrosvitlotekhnichnoho zabezpechennia polotiv (Systems and complexes of electro-light technical support of flights: training. manual): navch. posib. / uklad. : Yu. M. Kvach, A. P. Kolotiyuk. Kyiv, 2012. 160 p. [in English].
3. Osypov V. O. Pytannia pidvyshchennia bezpeky rukhu za rakhunok vykorystannia novykh svitlopovertalnykh elementiv (The question of increasing traffic safety due to the use of new light-reflecting elements). *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*. Seriya «Tekhnichni nauky». Naukovo - tekhnichniy zbirnyk. Vypusk 1 (46), 2020. P. 253–263. DOI: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2020-1-46-253-263> [in English].
4. Petrov V. V. Svitlopovertannia: problemy ta dosiahnennia (Light reflection: problems and achievements). *Reiestratsiia, zberihannia i obrobka danykh*. 2008. Vol. 10, No. 1. P. 3–15. [in Ukrainian].
5. Yu. M. Kvach, A. P. Kolotiyuk. Systemy ta komplekсы elektrosvitlotekhnichnoho zabezpechennia polotiv : navch. posib (Systems and complexes of electro-light technical support of flights: training. manual). Kyiv, 2012. 160 p. [in Ukrainian].
6. Kuzhel V. P. Vplyv kontrastu obiektu rozrizznennia z fonom na vydymist dorozhnoi obstanovky v svitli avtomobilnykh far (The effect of the contrast of the object of distinction with the background on the visibility of the road environment in the light of automobile headlights). *Visnyk SNU imeni Volodymyra Dalia*. 2009. No. 11 (141). P. 118–122 [in Ukrainian].
7. Zhuk M. M., Boikiv M. V., Postranskyi T. M. Period nastannia sutinok, yak chynnyk vplyvu na funktsionalnyi stan vodiia (Dusk period as a factor influencing the functional state of the driver). *Naukovi notatky*. 2014. No. 46. P. 182–185 [in Ukrainian].
8. Osypov V. O., Melnychenko O. I. Udoshkonalennia metodu otsinky bezpeky dorozhnoho rukhu na okremykh diliankakh avtomobilnykh dorih: monohrafiia (Improvement of the road safety assessment method on certain sections of highways: monograph). NTU, 2019. 172 p. [in Ukrainian].
9. Osypov V. O. Bezpeka dorozhnoho rukhu: tekhnichni zasoby ta inzhenerne oblashtuvannia: navchalnyi posibnyk (Road traffic safety: technical means and engineering arrangement: study guide). Luhansk, 2014. 192 p. [in Ukrainian].
10. Pat. Na promyslovyi zrazok No. 39167 Ukraina MKPZ 10-06. Svitlopovertalny element na transportne ohorodzhennia (On industrial sample No. 39167 Ukraine MKPZ 10-06. Light-reflecting element for transport fencing)/ zaiavnyk ta patentovlasnyk Komunalna korporatsiia “Kyivavtodor”. s201801608 zaiavl. 06.06.2018; publikatsiia 10.05.2019, Biul. No. 9 [in Ukrainian].

11. Melnichenko O. Scoring method of evaluating road safety as part of management system. *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej, Częstochowa* (PNAP). 2023, Vol 61, No. 6, P. 195–202. DOI: <https://doi.org/10.23856/6124> [in English].
12. Gusteliev O. Implement technical solutions for road safety. The IV International Scientific and Practical Conference «Science, practice and theory», February 1 - 4, 2022, Tokyo, Japan. P. 533–535 [in English].
13. Kozliakovskiy P. A. *Zahalna psykholohiia: Navch. Posibnyk* (General psychology: Education. manual): V 2 t. 2-he vyd. T. II. Mykolaiv: Vyd-vo MDHU im. P. Mohyly, 2004. 240 p. [in Ukrainian].
14. Tkachenko I. O. *Ryzyky u transportnykh protsesakh : navch. Posibnyk* (Risks in transport processes: academic. manual). Kharkiv : KhNUMH im. O. Beketova, 2017. 114 p. [in Ukrainian].

Valentyn Osypov, Ph.D., Associate Prof., <https://orcid.org/0000-0001-9284-7919>

Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUBA), Kyiv, Ukraine

RESEARCH OF THE SPEED OF VISUAL ORIENTATION AND SEARCH MOVEMENTS OF THE DRIVER USING THE EXAMPLE OF LIGHT REFLECTING ELEMENTS OF THE ROAD RESTRAINT SYSTEM OF THE FIRST GROUP IN POPULAR POINTS

Abstract

Introduction. The problem of the driver's visual search for potential dangers while driving through the streets and roads of populated areas is considered. The psychological pace of the driver, namely the speed of visual orienting and search movements, studied using the example of the reflector element of the traffic fence of the first group. As part of the work, an algorithm for finding objects of potential danger on photo questionnaires implemented.

Problem statement. As you know, visual search is a process of visual or technical observation of the survey of space, the purpose of which is to identify the object - the subject of the search. Depending on the road situation, the search assumes that the object of danger will appear in the expected space or time. But visual observation is often carried out in order to make sure that there are no potential dangers. Thus, the driver's function while driving is constant visual monitoring of road conditions, the parameters of which investigated.

Conclusions. As part of the study of the problem, an analysis of the publications of foreign and domestic researchers, which devoted to the problem of visual search for dangers by drivers of vehicles and aircraft pilots, and author's work on this problem, made. The purpose of the publication is to find ways to assess the ability of drivers to find hazards in a timely manner and adequately assess their level for making appropriate management decisions in conditions of information overload on the roads of populated areas. Based on the obtained results, we can talk about the stable dependence of the influence of the speed of visual search for dangers by drivers of vehicles on the reduction of the accident rate. The measures already implemented in Kyiv today make it possible to carry out full-fledged studies on their impact on curbing the speed of traffic.

Materials and methods. As part of the study of the problem, an analysis of the publications of foreign and domestic researchers [3 – 7], which are devoted to the problem of visual search for dangers by vehicle drivers, aircraft pilots, and author's work on this problem [8 – 10] was made.

The results. The problem of the driver's visual search for potential dangers while driving through the streets and roads of populated areas is considered. The psychological pace of the driver, namely the speed of visual orienting and search movements, was studied using the example of the reflector element of the traffic fence of the first group. As part of the work, an algorithm was implemented for respondents to find objects of potential danger on photo questionnaires.

Conclusions. Based on the obtained results, we can talk about a certain dependence of the influence of the speed of visual search for dangers by drivers of vehicles on the reduction of the accident rate. Already implemented engineering measures in the city of Kyiv today make it possible to carry out full-fledged studies of their impact on curbing the speed of traffic.

Keywords: driver, object of search, danger, road conditions.