

Małgorzata ZALESIŃSKA*

ANALIZA WARUNKÓW WYKONYWANIA BADAŃ WYDOLNOŚCI WZROKOWEJ KIEROWCÓW Z ZASTOSOWANIEM SYMULATORA JAZDY

Na poziom wydolności wzrokowej mają wpływ warunki oświetleniowe panujące na drodze i w jej otoczeniu, własności geometryczne i fotometryczne przeszkód, jak i warunki obserwacji. Do badania wydolności wzrokowej kierowców zbudowano w laboratorium Zakładu Techniki Światłnej i Elektrotermii Politechniki Poznańskiej symulator jazdy samochodem. W trakcie badań prowadzonych w ramach grantu MNiSW nr N N510 666140 zauważono konieczność sformułowania zaleceń i wytycznych dotyczących przeprowadzania pomiarów wydolności wzrokowej kierowców z zastosowaniem symulatora jazdy samochodem. W artykule przedstawiono procedurę badawczą oraz wyniki badań. Przeprowadzono analizę uzyskanych wyników oraz ocenę możliwości zastosowania symulatora jazdy do badania wydolności wzrokowej kierowców.

SŁOWA KLUCZOWE: wydolność wzrokowa kierowcy, symulator jazdy samochodem, oświetlenie drogowe, rozkład luminancji w polu widzenia kierowcy

1. WPROWADZENIE

Bezpieczne prowadzenie pojazdu wymaga bardzo wielu informacji pochodzących ze wzrokowej analizy obszaru drogi i jej otoczenia. Kierowca musi rozpoznawać zarys drogi, przejścia dla pieszych, chodniki, znaki i światła drogowe, punkty orientacyjne, obecność innych użytkowników, ich położenie, prędkość oraz kierunek poruszania się. Ponadto wszystkie te informacje muszą być odebrane w odpowiednim czasie, aby możliwe było ich zidentyfikowanie i przetworzenie oraz podjęcie decyzji i wykonanie odpowiedniego manewru. Wraz z nadejściem zmroku warunki widzenia kierowców ulegają znacznemu pogorszeniu. Uzyskanie w takich warunkach odpowiedniego poziomu niezawodności wzrokowej kierowców możliwe jest dzięki zapewnieniu właściwych warunków oświetleniowych panujących na drodze oraz w jej bezpośrednim otoczeniu. Uznaje się, że spełnienie wymagań normatywnych [1] w zakresie luminancji średniej drogi (natężenia oświetlenia), równomierności ogólnej oraz wzdłużnej, a także ograniczenia olśnienia oraz zapewnienia prawidłowego prowadzenia wzrokowego pozwala na uzyskanie odpowiednich, z punktu widzenia wydolności wzrokowej oraz wygody widzenia kierowcy, warunków oświetleniowych

* Politechnika Poznańska.

na drodze. W przypadku otoczenia drogi sprawa jest o wiele trudniejsza, gdyż często szybki rozwój nowych technologii wyprzedza ustawodawstwo i normalizację. Przykład stanowią wielkopowierzchniowe reklamy LED instalowane w bezpośrednim otoczeniu dróg [2, 3, 4]. Dlatego też istnieje konieczność systematycznego prowadzenia badań nad wydolnością wzrokową kierowców w różnych warunkach oświetleniowych.

2. SYMULATOR JAZDY SAMOCHODEM ZBUDOWANY W LABORATORIUM ZAKŁADU TECHNIKI ŚWIETLNEJ I ELEKTROTERMII POLITECHNIKI POZNAŃSKIEJ

W trakcie prac badawczych związanych z realizacją grantu MNiSW nr N N510 666140 pt. Badanie wpływu wielkopowierzchniowych reklam z diodami świecącymi na warunki widzenia kierowców w ruchu drogowym [5] w Zakładzie Techniki Świetlnej i Elektrotermii Politechniki Poznańskiej zbudowany został statyczny symulator jazdy samochodem. Zgodnie z klasyfikacją zawartą w literaturze [6] symulator ten można zaliczyć do symulatorów klasy średniej.

Podstawowymi elementami symulatora są:

- model kabiny samochodu osobowego (przednia część Fiat Seicento) posiadający klasyczną deskę rozdzielczą z przyciskami, radiem, działającymi nawiewem i prędkościomierzem wskazującym aktualną prędkość jazdy oraz manualną skrzynię biegów, pedały sprzęgła gazu i hamulca. Ponadto we wnętrzu kabiny zastosowano zastępcze źródło oświetlenia przeszkadzającego, pochodzącego od opraw oświetlenia drogowego. Widok fragmentu kabiny oraz jej usytuowanie na stanowisku laboratoryjnym przedstawiono na rysunku 1.
- układ projekcji obrazu zbudowany został z ekranu o wymiarach 3,90 m na 2,90 m oraz projektorów multimedialnych głównego i pomocniczego. Projektor główny wyświetla obraz drogi w zakresie kątów 26,7 ° w lewo oraz 25,8 ° w prawo od osi optycznej obserwatora. Projektor dodatkowy zastosowany został w celu uzupełnienia obrazu pod reklamą LED, która jest integralną częścią stanowiska laboratoryjnego i ułatwienia kierowcy skrętu w prawo,
- oświetlenie peryferyjnego pola widzenia kierowcy zasymulowane poprzez oświetlenie bocznych ścian laboratorium liniami LED, przesłoniętymi mlecznymi płytami rozpraszającymi oraz przeświecalnymi szarymi zasłonami. Zastosowane diody świecące oraz ich sterowanie umożliwiły uzyskanie stałego podkładu luminancji średniej, zbliżonego do luminancji elewacji budynków znajdujących się w otoczeniu drogi oraz zmiennej luminancji symulującej ruch pojazdu względem otoczenia (okien, witryn),
- stanowisko sterowania symulacją, w skład którego wchodzi dwa połączone ze sobą komputery klasy PC. Komputer główny odpowiedzialny jest za

sterowanie wyświetlaną symulacją drogi oraz zbieranie danych dotyczących przebiegu eksperymentu. Komputer dodatkowy steruje wyświetlaniem obrazu na ekranie LED.

Przykład symulacji wyświetlanej na ekranie przedstawiono na rysunku 2.

Szczegółowy opis symulatora jazdy oraz sposób kalibracji stanowiska laboratoryjnego opisano w literaturze [7, 8, 9].



Rys. 1. Wygląd symulatora jazdy samochodem oraz modułu reklamy LED: 1 – widok fragmentu kabiny kierowcy, 2 – ekran, na którym wyświetlana jest symulacja drogi, 3 – moduł rzeczywistej reklamy LED



Rys. 2. Przykład symulacji wyświetlanej na ekranie

Symulator jazdy samochodem osobowym zbudowany w Zakładzie Techniki Świetlnej i Elektrotermii jest pierwszym w Polsce symulatorem, jaki został wykorzystany w badaniach wpływu różnych warunków oświetleniowych panujących na drodze po zapadnięciu zmroku na wydolność wzrokową kierowców.

Metodologia badań nad wydolnością wzrokową kierowców z zastosowaniem symulatora jazdy samochodem nie jest opisana w literaturze, dlatego też istnieje konieczność ustalenia warunków wykonywania takiego rodzaju badań. Z tego względu, w laboratorium Zakładu techniki Świetlnej i Elektrotermii Politechniki Poznańskiej, przeprowadzono badania pilotażowe zmierzające do ustalenia kryteriów i warunków przeprowadzania badań wydolności wzrokowej kierowców z zastosowaniem symulatora jazdy samochodem.

3. WARUNKI WYKONYWANIA BADAŃ WYDOLNOŚCI WZROKOWEJ KIEROWCÓW ZASTOSOWANIEM SYMULATORA JAZDY

3.1. Opis procedury badawczej

Wydolność wzrokowa kierowcy jest wydolnością systemu wzrokowego, która określa jego zdolność do zauważania subtelnych zmian w polu widzenia. Stopień wydolności wzrokowej ma istotny wpływ na prawdopodobieństwo oraz zdolność spostrzegania, odległość spostrzegania obiektu na drodze, wydolność reakcji, czy spostrzeganie ruchu względnego. Na zbudowanym stanowisku laboratoryjnym wydolność wzrokowa oceniana była na podstawie czasu reakcji obserwatora na zasymulowane zdarzenie drogowe. Zdarzeniem drogowym było pojawienie się przeszkód na jezdni przed obserwatorem bez świecących reklam w pobliżu drogi, przeszkód przy świecących reklamach o zadanej luminancji oraz świecących reklam, które miały zmylić czujność obserwatora. Czas reakcji mierzony był od momentu pojawienia się przeszkody na drodze do reakcji kierowcy na to zdarzenie. Reakcją kierowcy mogło być naciśnięcie pedału hamulca lub gwałtowny ruch kierownicą, pozwalający na ominięcie przeszkody. System sterujący – kontrolny umożliwia rejestrację czasu reakcji oraz rodzaju reakcji np. hamowanie, skręt kierownicą, kolizja z przeszkodą lub z otoczeniem. Reakcja obserwatora na wszystkie zdarzenia drogowe rejestrowana była z dokładnością do 1 ms.

W trakcie badań zastosowano przeszkody różnego typu: pieszy, pies, piłka leżąca na ziemi, kwadraty o różnych luminancjach: 0.7, 1.2 i 3 cd/m² (luminacja średnia drogi wynosiła 1,5 cd/m²). Przykładowy wygląd przeszkód zamieszczono na rysunku 3. W celu jednoznacznego określenia czasu reakcji obserwatora na pojawienie się przeszkody na drodze założono, tak samo, jak we wcześniej prowadzonych badaniach [5, 10], natychmiastowe pojawienie się przeszkody na drodze.

Do przeprowadzenia badań przygotowano sześć tras jazdy symulatorem – jedną trasę (trasa nauka), na której osoby badane zapoznawały się ze sposobem jazdy symulatorem, rodzajami zdarzeń drogowych, wyglądem przeszkód, sposobem pojawiania się na drodze oraz pięć tras, na których badaniom poddano różne kryteria wykonywania pomiarów. Konstrukcja tras została tak przygotowana, aby możliwa była analiza wyników ze względu na: rodzaj przeszkody, miejsce położenie przeszkody na trasie przejazdu (prosty odcinek drogi, łuk), zastosowany scenariusz kolejności przeszkód i reklam na drodze (same przeszkody przeplatane przeszkodami ze świecącymi reklamami lub przeszkody z reklamami na początku i na końcu trasy, a same przeszkody, bez reklam - w części środkowej), stopień złożoności zadania wzrokowego (proste zadanie wzrokowe – obserwowanie drogi oraz bardziej złożone – obserwowanie pobocza i szukanie określonych obiektów lub obserwowanie i zapamiętywanie treści reklamowych), sposób powiększania obrazu reklamy

symulujący zbliżanie się obserwatora do obiektu (powolne oraz szybkie), rodzaj trasy (trasa z samymi tylko przeszkodami bez świecących reklam oraz trasa, gdzie oprócz samych przeszkód były także przeszkody pojawiające się na drodze w trakcie świecenia reklamy LED).

W celu na wyeliminowania konstrukcji samej trasy przejazdu na czas reakcji obserwatora trasy zostały tak zaprojektowane, aby składały się z tej samej liczby skrętów, skrzyżowań, odcinków prostych, wyświetlanych w dokładnie tej samej kolejności, ale z różną scenerią otoczenia (inny wygląd budynków).

Na początku badania każdy obserwator poinformowany został o celu i sposobie przeprowadzenia eksperymentu oraz o możliwości rezygnacji w dowolnym momencie jego trwania. Następnie przystępowano do nauki jazdy symulatorem (trasa nauka) oraz przejazdów trasami podstawowymi. W celu wyeliminowania wpływu kolejności tras na otrzymywane wyniki, wszystkich obserwatorów podzielono na grupy, którym przypisano różną kolejność tras przejazdów w trakcie badań.

Po zakończeniu części badań związanych z jazdą na symulatorze obserwatorzy poddawani byli badaniu czułości kontrastowej wzroku w warunkach mezopowych oraz ostrości widzenia w warunkach fotopowych. Następnie wypełniali kwestionariusz osobowy, zawierający podstawowe informacje demograficzne, ankietę dotyczącą przeprowadzonych badań oraz przeprowadzano badania koordynacji wzrokowo-ruchowej z zastosowaniem testu krzyżowego.



Rys. 3. Przykładowy wygląd przeszkód pojawiających się na drodze w trakcie symulacji

3.2. Wyniki i analiza badań laboratoryjnych

Do badań pilotażowych przystąpiło 39 wolontariuszy w wieku od 20 – 50 lat; średnia wieku wynosiła 27 lat. Wszyscy posiadali prawo jazdy kategorii minimum B. Większość osób posiadała prawo jazdy nie dłużej niż 10 lat. Jedna osoba była kierowcą zawodowym. Sześciu, spośród badanych, nie ukończyło pełnego cyklu badań. U obserwatorów wystąpiły objawy choroby symulatorowej. Opis typowych objawów choroby symulatorowej przedstawiono w literaturze [6, 11, 12].

W tabeli 3.1. zamieszczono średnie czasy reakcji obserwatorów t_{sr} w [ms] na przeszkody różnego typu, występujące na trasie, bez działających reklam LED wraz

ze wskazaniem miejsca położenia na drodze oraz kolejnością czasów reakcji od najkrótszego do najdłuższego. W tabeli 3.2. zestawiono średnie czasy reakcji obserwatorów na określone zdarzenia drogowe w zależności od przyjętego kryterium analizy - $t_{p\text{sr}}$ średni czas reakcji dla przeszkód, które pojawiały się na drodze bez działających reklam oraz $t_{r\text{sr}}$ średni czas reakcji dla przeszkód, które pojawiały się na drodze podczas świecenia reklamy.

Na podstawie przeprowadzonych badań pilotażowych, zdaniem autora, można stwierdzić, że:

- Obserwatorzy mieli krótszy czas reakcji na pojawienie się przeszkód bez działającej reklamy na poboczu drogi dla przejazdów, w trakcie których występowały same tylko przeszkody, niż w przypadku umieszczenia na trasie także przeszkód z działającymi reklamami (wymieszanie zdarzeń drogowych).
- W trakcie przejazdu trasą, na której znajdowały się tylko same przeszkody, bez działających reklam, najkrótszy czas reakcji uzyskano dla przeszkody typu pies, a najdłuższy dla piłki. Maksymalna różnica pomiędzy czasami wynosiła 71 ms. Dla trasy, na której pojawiały się same przeszkody oraz przeszkody wraz ze świecącymi reklamami najkrótszy czas reakcji uzyskano dla psa, a najdłuższy dla pieszego, ale występował mniejszy wpływ typu przeszkody na czasy reakcji. Różnica czasów pomiędzy najkrótszym i najdłuższym wynosiła 20 ms.
- W przypadku kwadratów, których pojawienie się na pasie ruchu zasymulowano tylko w przypadku trasy bez świecących reklam, najkrótszy czas uzyskano dla kwadratu o kontraście dodatnim względem tła. Fakt ten można uzasadnić wyższą czułością kontrastową oka w zakresie kontrastów dodatnich, aniżeli ujemnych. W przypadku najniższego kontrastu kwadratu z tłem potwierdzono wynikami badań najniższą wydolność wzrokową obserwatorów.
- Dla każdego rozpatrywanego przypadku położenia przeszkody na łuku drogi uzyskano krótszy czas reakcji obserwatorów. Przyczyną tego może być niższa prędkość jazdy na łuku drogi, aniżeli po odcinku prostym.
- Na uzyskane średnie czasy reakcji miał wpływ zastosowany scenariusz dotyczący pojawiania się przeszkód na drodze. Dłuższe czasy reakcji uzyskano w przypadku, gdy wymieszane były zdarzenia drogowe, pojawienie się przeszkód bez działającej reklamy przeplatane było przeszkodami ze świecącą reklamą. Odnotowano wpływ prędkości powiększania się reklamy, symulującej zbliżanie się pojazdu do reklamy, na czas reakcji obserwatorów dla przeszkód pojawiających się w trakcie działania reklamy. Dłuższy czas powiększania się reklamy skutkowało wydłużeniem czasu reakcji osób badanych. Fakt ten można tłumaczyć dłuższym czasem oddziaływania oślnienia na narząd wzroku, a tym samym mniejszą wydolnością wzrokową obserwatorów. Przeprowadzone badania nie potwierdziły hipotezy sformułowanej w trakcie badań [5], a dotyczącej przewidywania momentu pojawienia się przeszkody na drodze wraz z rozpoczęciem wyświetlania reklamy na ekranie LED.

Tabela 3.1. Średnie czasy reakcji obserwatorów t_{sr} w [ms] na przeszkody różnego typu występujące na trasie, bez działających reklam LED wraz ze wskazaniem miejsca położenia na drodze oraz kolejnością czasów reakcji od najkrótszego do najdłuższego

Kolejność przeszkody na trasie	Rodzaj przeszkody	Położenie przeszkody na trasie	Czas reakcji t_{sr} [ms]	Kolejność czasów reakcji
1	Pieszy	prosta	769	8
2	Kwadrat o $L=3 \text{ cd/m}^2$	prosta	800	10
3	Piłka	Łuk	695	3
4	Kwadrat o $L=0.7 \text{ cd/m}^2$	prosta	780	9
5	Kwadrat o $L=0.7 \text{ cd/m}^2$	łuk	713	4
6	Pies	prosta	753	6
7	Pieszy	łuk	713	4
8	Kwadrat o $L=1.2 \text{ cd/m}^2$	prosta	762	7
9	Piłka	prosta	764	11
10	Kwadrat o $L=3 \text{ cd/m}^2$	łuk	645	1
11	Kwadrat o $L=1.2 \text{ cd/m}^2$	łuk	744	5
12	Pies	łuk	665	2
Wartość średnia z czasów reakcji dla wszystkich przeszkód			742	
Odchylenie standardowe			61	

Zgodnie z tą hipotezą dłuższy czas wyświetlania treści reklamowych powinien skutkować skupieniem uwagi obserwatorów na drodze i wyczekiwaniem na pojawienie się przeszkody, a tym samym krótszym czasem reakcji. Skrócenie czasu rozwijania reklamy do pełnego wymiaru ekranu LED powinno być zaskoczeniem dla obserwatorów, a więc czasy reakcji powinny być dłuższe. W przypadku samych tylko przeszkód na drodze uzyskano bardzo zbliżone wyniki - świadczyć to może o dużej powtarzalności wyników pomiarów wykonanych w podobnych warunkach.

Tabela 3.2. Porównanie czasów reakcji obserwatorów na zdarzenia drogowe różnego typu dla analizowanych kryteriów

Lp	Zastosowane kryterium podziału		Średni czas reakcji dla samych przeszkód $t_{p\acute{s}r}$ [ms]	Średni czas reakcji dla przeszkód z reklamami $t_{r\acute{s}r}$ [ms]
1	Rodzaj przeszkody na trasie bez reklam	Pieszcy	741	-
		Pies	709	-
		Piłka	780	-
		Kwadrat o $L = 3 \text{ cd/m}^2$	723	-
		Kwadrat o $L = 1.2 \text{ cd/m}^2$	753	-
		Kwadrat o $L = 0.7 \text{ cd/m}^2$	747	-
2	Rodzaj przeszkody na trasie ze świecącymi reklamami	Pieszcy	789	-
		Pies	769	-
		Piłka	778	-
3	Rodzaj trasy	Trasa tylko z samymi przeszkodami bez reklam	742	-
		Trasa z przeszkodami i reklamami	779	-
4	Położenie przeszkody na trasie przejazdu	Prosta	788	-
		Łuk	702	-
5	Zastosowany scenariusz zdarzeń	Przeszkody bez reklam przed oraz pomiędzy przeszkodami z reklamami	779	864
		Przeszkody bez świecącej reklamy umieszczone pomiędzy przeszkodami ze świecąca reklamą	761	807
6	Rodzaj zadania wzrokowego	Obserwacja drogi	809	861
		Obserwowanie otoczenia	856	879
		Obserwowanie reklam	827	1007
7	Doświadczenie obserwatorów w jeździe symulatorem	Brak doświadczenia	793	888
		Przynajmniej raz wcześniej uczestniczyli w badaniach	725	807
8	Sposób powiększania obrazu reklamy	Powolny	770	861
		Szybki	774	836

- Potwierdzono fakt, że rodzaj postawionego przed obserwatorami zadania ma istotny wpływ na uzyskane wyniki. Trudniejsze zadanie wzrokowe, polegające na obserwowaniu trasy oraz bezpośredniego otoczenia drogi, skutkowało wydłużeniem czasu reakcji na pojawienie się przeszkód na drodze. W przypadku dodatkowego zadania wzrokowego, jakim było obserwowanie treści reklamowych, uzyskano najdłuższe czasy reakcji na przeszkody pojawiające się na drodze w trakcie świecenia reklamy. Fakt ten spowodowany był olśnieniem powodowanym przez wysokie luminancje powierzchni reklamy i dłuższym czasem odzyskiwania przez osoby badane wydolności wzrokowej.
- Doświadczenie w jeździe symulatorem osób badanych ma istotne znaczenie na uzyskiwane wyniki pomiarów. Obserwatorzy, którzy już wcześniej uczestniczyli w badaniach, znali sposób wykonywania badań, posiadali większą pewność w obsłudze symulatora, byli przyzwyczajeni do sposobu pojawiania się przeszkód na drodze oraz wiedzieli na co należy zwracać uwagę, dlatego też uzyskali niższe średnie czasy reakcji.

Na podstawie przeprowadzonych badań pilotażowych sformułować można następujące zalecenia, dotyczące metodyki wykonywania badań wydolności wzrokowej kierowców z zastosowaniem symulatora jazdy samochodem:

1. Badania wydolności wzrokowej kierowców z zastosowaniem symulatora jazdy powinny być poprzedzone praktyczną nauką jazdy symulatorem samochodu osobowego. Najlepiej jeżeli istnieje możliwość przeprowadzenia przygotowań w osobnym terminie, niż badania właściwe. Przed badaniami właściwymi należy wykonać przejazd trasą, która powinna być traktowana jako przypomnienie obsługi symulatora.
2. Każdy cykl badań powinien być powtórzony przez tych samych obserwatorów po pewnym odstępie czasu.
3. W celu uniknięcia wpływu kolejności tras na wynik pomiarów należy badaną grupę obserwatorów podzielić na mniejsze podgrupy, dla których należy zastosować różne kolejności tras przejazdu.
4. W trakcie badań należy stosować na trasie przeszkody różnego typu, aby rodzaj zastosowanej przeszkody nie miał istotnego wpływu na uzyskane wyniki pomiarów.
5. Przeszkody na trasie powinny być umieszczane w równej liczbie, zarówno na odcinkach prostych jak i na łukach drogi, aby uniknąć wpływu usytuowania przeszkody na trasie na wyniki pomiarów.
6. Ze względu na zmęczenie i znużenie osób badanych, badania wydolności wzrokowej kierowców z wykorzystaniem symulatora jazdy nie powinny trwać dłużej niż 30 minut (dotyczy to czasu samej jazdy symulatorem).
7. Do badań na symulatorze jazdy powinny przystępować osoby wypoczęte, w dobrej kondycji psychicznej.

4. PODSUMOWANIE

Zastosowanie symulatora jazdy samochodem w badaniach nad wydolnością wzrokową kierowców pozwalana na zbliżenie warunków zewnętrznych do rzeczywistości i umożliwia uzyskanie efektu prowadzenia pojazdu po ulicach miasta. Wykonanie badań w laboratorium pozwala na wyeliminowanie wpływu wielu czynników dodatkowych, mogących mieć wpływ na ostateczny wynik badań, a występujących w rzeczywistych warunkach drogowych np. nieprzewidywalne zachowanie innych uczestników ruchu drogowego, różne natężenie ruchu pojazdów, warunki atmosferyczne. Poprzez zastosowanie w badaniach nagłego wtargnięcia przeszkody na jezdnię możliwe jest także zbadanie rzeczywistego czasu reakcji kierowcy na pojawienie się przeszkody na drodze. Przez zastosowanie takiego rozwiązania możliwe jest wyeliminowanie czasu związanego z podejmowaniem decyzji o wykonaniu jakiegokolwiek manewru. W warunkach rzeczywistych stworzenie takiej sytuacji byłoby niemożliwe. Podstawową jednak wadą badań laboratoryjnych jest przeprowadzanie pomiarów w warunkach bardziej lub mniej zbliżonych do rzeczywistości zarówno pod względem doznań związanych z prowadzeniem samochodu, jak i pod względem wykonywanego zadania wzrokowego – w rzeczywistości, w trakcie jazdy po mieście, kierowca rzadko kiedy jest skupiony tylko i wyłącznie na pasie ruchu.

W literaturze nie ma podanych zasad, zgodnie z którymi powinny być wykonywane badania wydolności wzrokowej kierowców przy wykorzystaniu symulatorów jazdy samochodem. Uzyskane wyniki oraz przeprowadzona analiza wykazały istotny wpływ wielu czynników na otrzymane wyniki pomiarów. Dlatego też niezbędne jest prowadzenie dalszych prac badawczych, w trakcie których ustalone zostaną warunki, zasady i kryteria wykonywania badań wydolności wzrokowej kierowców z zastosowaniem symulatora jazdy.

LITERATURA

- [1] PN _ EN 13201:2007 - Oświetlenie dróg.
- [2] Wandachowicz K., Zalesińska M., Domke K., Mroczkowska S., Skrzypczak P.: Wielkopowierzchniowe reklamy z diodami świecącymi a bezpieczeństwo ruchu drogowego. Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, Nr 4/2011, s. 73 – 77.
- [3] Domke K., Wandachowicz K., Zalesińska M., Mroczkowska S., Skrzypczak P.: Digital billboards and road safety. In: Lighting in Engineering, Architecture and the Environment, ed. Domke K., Brebbia C.A., WIT PRESS 2011, Southampton, Boston, ISBN: 978-1-84564-550-2, pp. 119-131.
- [4] K. Domke, K. Wandachowicz, M. Zalesińska, S. Mroczkowska, P. Skrzypczak, Large-sized digital billboards hazard. Design & Nature and Ecodynamics. Vol. 7, No. 4 (2012) 367–380, ISSN: 1755-7437 (paper format), ISSN: 1755-7445 (online), <http://journals.witpress.com>.

- [5] Badanie wpływu wielkopowierzchniowych reklam z diodami świecącymi na warunki widzenia kierowców w ruchu drogowym. Sprawozdanie merytoryczne projektu badawczego MNiSW nr N N510 666140. Poznań 2013.
- [6] Lozia Z.: Symulatory jazdy samochodem. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa 2008.
- [7] Zalesińska M., Wandachowicz K.: Badanie reklam zewnętrznych z diodami świecącymi za pomocą miernika rozkładu luminancji. Poznan University of Technology, Academic Journals, Electrical Engineering, Issue 69, Poznań 2012, s. 275-282, ISSN 1897-0737.
- [8] Zalesińska M., Wandachowicz K., Research of luminance distribution in driver's field of view in the places where electronic billboards exists. LUMEN V4 IV Lighting Conference of the Visegrad Countries, Bratislava, 26-28. 09.12, ISBN 978-80-89275-32-8 EAN 9788089275328, p. 146-153.
- [9] Zalesińska M., Wandachowicz K.: Odtworzenie na stanowisku laboratoryjnym rozkładów luminancji występujących w polu widzenia kierowców, Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 90 NR 1/2014, s. 277-280.
- [10] Zalesińska M., Wandachowicz K., Domke K., Skrzypczak P., Mroczkowska S.: Badanie wpływu reklam elektronicznych na warunki widzenia kierowców z wykorzystaniem symulatora jazdy, XXII Krajowa Konferencja Oświetleniowa, Technika Świetlna' 2013, 21-22.11.2013, Warszawa, s. 117-120, ISSN 1506-6223.
- [11] Biernacki M., Dziuda Ł.: Choroba symulatorowa jako realny problem badań na symulatorach. Medycyna Pracy, 63(3) s. 377-388.
- [12] www.ciop.pl/22384.html (dostęp 31.01.2013).

ANALYSIS OF CONDITIONS FOR RESEARCH OF DRIVERS VISUAL PERFORMANCE USING DRIVING SIMULATOR

The level of visual performance is affected by the lighting conditions prevailing on the road and its surroundings, the geometric and photometric properties of the obstacles, the conditions of observation. The study visual performance of drivers built in the laboratory of the Department of Lighting Engineering and Electroheat Poznan University of Technology driving simulator. During research conducted under the Ministry of Science and Higher Education Grant no. N N510 666140 noted the need for the formulation of recommendations and guidelines for the measurement of driver's visual performance using a driving simulator. The paper presents the test procedure and test results. Carried out an analysis of the results obtained and the possibility of using driving simulator to study visual performance.