

Krzysztof SURMIŃSKI, Tomasz SZYDŁOWSKI

POŁOŻENIE BODŹCA W POLU WIDZENIA KIERUJĄCEGO JAKO CZYNNIK DECYDUJĄCY O JEGO PROCESIE REAGOWANIA

W prezentowanym artykule poruszono zagadnienie wpływu kierunku przychodzenia bodźca na czas reakcji kierującego. Opisano wyniki badań stanowiskowych przeprowadzonych na licznej grupach kierujących. W badaniach wykorzystano opracowane w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej stanowisko badawcze. Pozwala ono w sposób powtarzalny wymuszać reakcję kierujących na przychodzące pseudolosowe bodźce optyczne. Badani w czasie testów zajmują miejsce w kabinie rzeczywistego pojazdu i wykonują typowe manewry, takie jak hamowanie czy skręt. Przy użyciu zestawu czujników mierzono czasy odpowiedzi kierujących na zadane bodźce. Zgromadzony na przestrzeni ostatnich lat obszerny materiał badawczy (kilka tysięcy pomiarów) pozwolił na przekrojową analizę statystyczną, której wyniki zaprezentowano. Zaobserwowano zależność szybkości reakcji od lokalizacji bodźca w polu widzenia badanego. Przeprowadzone analizy wyników wykazały wydłużenia tego czasu aż do kilkunastu procent. Zjawisko to jest na tyle wyraźne, że wskazane wydaje się poświęcenie mu dalszych badań i uwzględnienie w analizach dotyczących bezpieczeństwa ruchu drogowego.

WSTĘP

Bezpieczeństwo w ruchu drogowym jest uzależnione w takim samym stopniu od stanu poruszających się pojazdów, stanu infrastruktury drogowej jak i predyspozycji kierujących. Ów „czynnik ludzki” został w artykule poddany analizie pod kątem jego zdolności do oceny i reagowania na otaczające bodźce.

Prowadząc od dłuższego czasu badania procesu reagowania kierującego w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej opracowano i wykonano autorskie stanowisko badawcze. Przy jego projektowaniu założono, że badany kierujący powinien mieć możliwość naturalnego reagowania na bodźce napływające z różnych kierunków. Bodźce te powinny pojawiać się w obszarze całego pola widzenia, a ich postać musi wymagać od kierowcy interpretacji i zainicjowania konkretnego manewru. Zgodnie z przyjętymi założeniami podstawę stanowiska może stanowić dowolny pojazd, do którego montowane są bezinwazyjnie czujniki z odpowiednią aparaturą sterująco-pomiarową. Możliwość adaptacji dowolnego pojazdu pozwala na sprawdzenie wpływu ergonomii kabiny na wybrane efekty pracy kierowcy. Pojazd będąc rzeczywistym środowiskiem kierującego, umożliwi mu w trakcie testów wykonywanie typowych manewrów. Uwiarygadnia to otrzymywane wyniki mimo stanowiskowego charakteru badań. Prowadzenie badań w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych zapewnia powtarzalność warunków prób, nawet w dłuższych cyklach badań. Ma to znaczenie, gdy testy obejmują kilkudziesięcioosobowe grupy kierowców i rozłożone są na kilka dni.

Możliwości badawcze stanowiska, opisane szczegółowo w [7] i [8], pozwalają na ocenę predyspozycji pojedynczego kierującego. Może to mieć zastosowanie np. jako uzupełniające badania kwalifikacyjne [11].

Drugim aspektem prowadzonych badań jest analiza statystyczna zjawisk występujących w większych populacjach kierowców.

Analizując pozyskany materiał badawczy odnotowano istotne wpływ położenia bodźca w polu widzenia kierującego na długości jego czasów reagowania. W związku z tym przeprowadzono analizę

pod tym kątem wszystkich (również wcześniejszych) posiadanych wyników. Jej efekty zamieszczono poniżej.

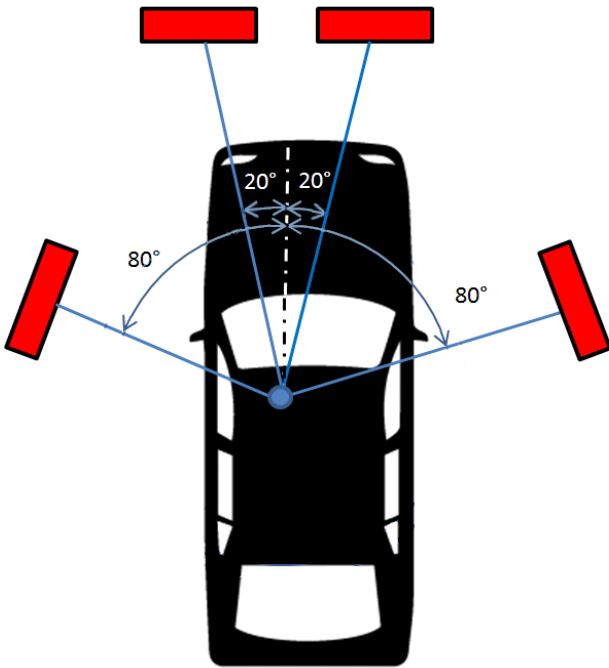
1. WARUNKI BADAŃ

Analiza wpływu kierunku położenia bodźca na czas reakcji została przeprowadzona w oparciu o serię ponad 5 tys. pomiarów zrealizowanych na stanowisku [8] w toku badań własnych, a także projektów studenckich [3], [4]. Na stanowisku badany kierujący był poddawany pseudolosowo przychodzącym bodźcom świetlnym w postaci tablic, które w umowny sposób narzucały określony typ reakcji. W opisywanych testach sprawdzano czas reakcji typu skręt kierownicą, hamowanie oraz reakcję złożoną ze skrętu z równoczesnym hamowaniem. Odpowiedź badanego na każdy z bodźców odbierana była za pośrednictwem czujników zainstalowanych w kabinie pojazdu badawczego i rejestrowana z rozdzielczością 1 ms.

Badania prowadzone były w różnych okresach, prezentowane tu wyniki stanowią próbę ich podsumowania i wyznaczenia kierunku dalszych prac. Ponieważ otrzymywane rezultaty wykazały zbieżność opisywanych tu zjawisk, należy uznać, że połączenie do wspólnej analizy wyodrębnionych serii badawczych jest uzasadnione i uwiarygadnia wyniki.

W czasie badań zastosowano dwa rodzaje rozmieszczenia tablic świetlnych wokół pojazdu. W układzie nazwanym „wariant I” cztery tablice zostały umieszczone tak, by pokrywały całe pole widzenia kierującego (rys. 1 i 4). W „wariacie II” trzy tablice były widoczne z przodu pojazdu, czwarta za pojazdem mogła być obserwowana w wewnętrznym lusterku wstecznym (rys. 2). W obu wariantach ustawień brzegowe tablice znajdowały się w tych samych obszarach, na skraju pola widzenia. Tablica lub tablice centralne widziane przed pojazdem znajdowały się w osi pola widzenia lub w odchyleniu o 20° od niej (por. rys. 1 i 2).

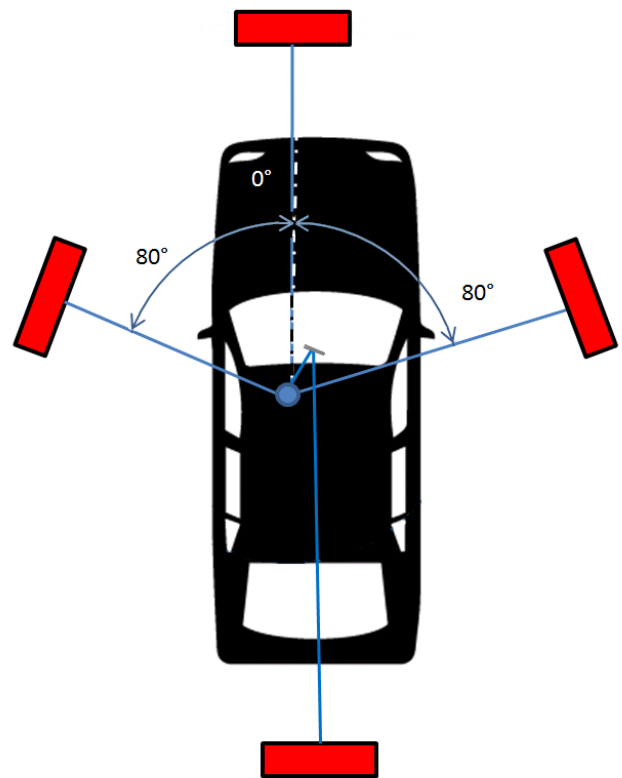
Wszystkie serie badań odbywały się w pomieszczeniu zamkniętym by zapewnić ustalone, kontrolowane warunki oświetlenia. Wpływ kontrastowości bodźca świetlnego na reakcję kierowcy jest znaczny i w związku z tym stanowi oddzielny obszar zainteresowania autorów.



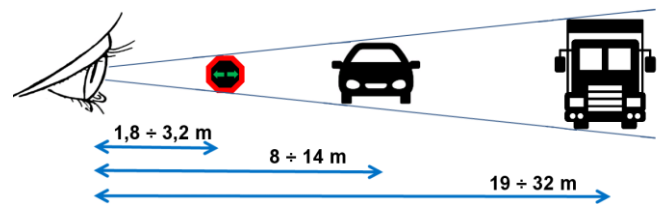
Rys. 1. Rozmieszczenie tablic świetlnych – wariant I

Rozmieszczenie tablic świetlnych wokół miejsca kierowcy w odległościach od 180 cm do 320 cm oraz ich wymiary (średnica świecącego symbolu 40 cm) dawały wynikowy kąt obserwacji od 7° do 12°. Odpowiada to kątowi pod jakim kierowca obserwuje np. powierzchnię czołową samochodu osobowego z odległości od 8 do 14 m. Warunki te są więc odpowiednie dla sytuacji spotykanych w ruchu miejskim. Odnosząc zakres kątów obserwacji do odległości w ruchu pozamiejskim odpowiadają one widzeniu sylwetki auta ciężarowego z odległości 19÷32 m – rysunek 3. Tak więc powierzchnia bodźca jest adekwatna do typowych sytuacji drogowych i nie powinna stanowić utrudnienia w obserwacji dla badanego kierowcy.

Rozmieszczenie bodźców na lewym i prawym skraju pola widzenia skłaniało do sprawdzenia czy istnieje mierzalna różnica w czasach reakcji na bodziec „lewy” i „prawy”. Porównanie wyników wszystkich rodzajów odpowiedzi dało zrównoważony wynik, co pozwoliło połączyć oba zbiory odpowiedzi określając je dalej jako „skrajne”.

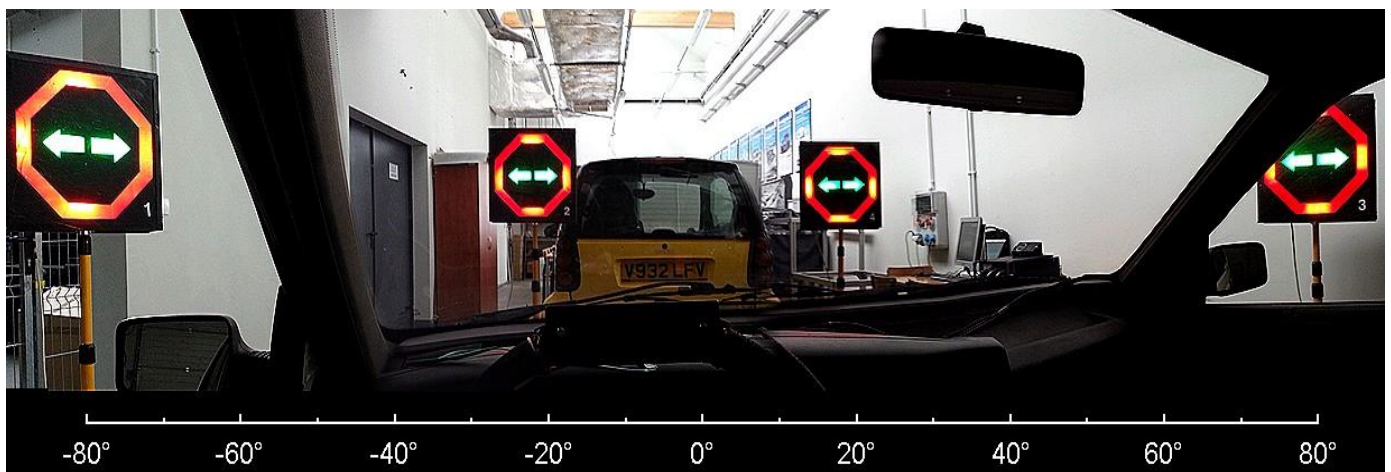


Rys. 2. Rozmieszczenie tablic świetlnych – wariant II z wykorzystaniem lusterka wstecznego



Rys. 3. Porównanie wymiarów kątowych obiektów spotykanych na drodze w odniesieniu do tablic świetlnych użytych na stanowisku

Podobnej analizie poddano bodźce przychodzące do kierującego z centrum pola widzenia. W wariantcie I (rys. 1 i 4) były to dwie tablice odchylone od osi wzdłużnej pojazdu o 20°, a w wariantcie II tylko jedna, centralnie umieszczona tablica. Również w tym przypadku nie zauważono różnic uzasadniających odrębną obróbkę staty-



Rys. 4. Rozmieszczenie tablic świetlnych z bodźcami (wariant I) z punktu widzenia kierowcy

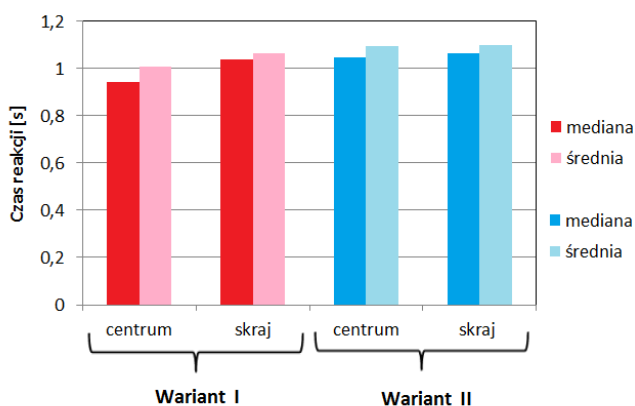
styczną, wobec tego postanowiono połączyć wyniki nazywane dalej jako „centrum”.

W pomiarach wg wariantu I rozmieszczenia tablic i części pomiarów realizowanych wg wariantu II zastosowano różne rodzaje czujników skrętu kierownicy. Starsze rozwiązanie polegało na umieszczeniu na kierownicy niewielkiego magnesu, którego przemieszczenie rejestrowały dwa wyłączniki kontaktronowe znajdujące się w małej odległości, przymocowanie na wysięgniku do przedniej szyby. Czujnik ten reagował na skręt koła kierownicy o kąt powyżej 5°. Modernizując stanowisko zdecydowano o zmianie tego czujnika, ponieważ jego stałe elementy były narażone na potrącenie przy zbyt gwałtownych ruchach kierującego. Nowe rozwiązanie zawiera w sobie dwa miniaturowe styki ręcione, które reagują na kąty skrętu kierownicy powyżej 9°. Zaletą tej konstrukcji jest montaż całego, zwartej konstrukcyjnie czujnika na kole kierownicy, bez konieczności mocowania dodatkowych elementów stałych. Zwiększony wymagany zakres ruchu (czyli zmniejszona czułość) niesie ze sobą dwie konsekwencje. Zapobiega przypadkowym rejestracjom przy niewielkich, przypadkowych poruszeniach kierownicy oraz wprowadza pewne zauważalne wydłużenie czasu odpowiedzi. Ponieważ stanowisko ma za zadanie rejestrować czas reakcji, a więc reakcję mięśniową w jej początkowej fazie, należało dążyć do zminimalizowania tego niekorzystnego efektu. Przy porównaniu pracy obu czujników zaobserwowano zmianę czasu odpowiedzi na poziomie 0,05 s. Pokrywa się ona z danymi literaturowym dotyczącymi prędkości operowania kierownicą, odniesionymi do ww. małej różnicy kątów zadziałania.

Dla badań porównawczych z zastosowaniem jednolitej aparatury czas reakcji czujnika nie ma znaczenia. Dla zestawień obejmujących badania sprzed i po modernizacji należało o niniejszej różnicy pamiętać.

2. ZESTAWIENIE WYNIKÓW

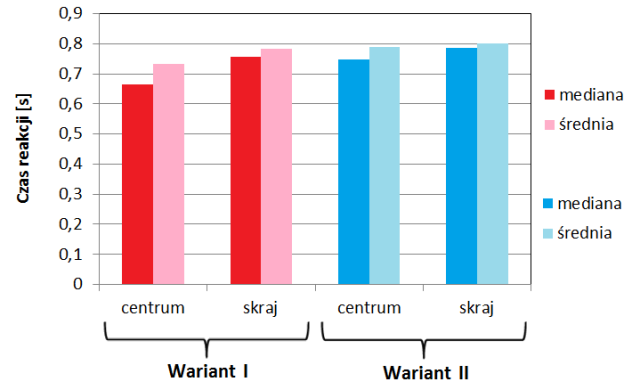
Zagadnienie rozkładów losowych w populacji omówiono w [7]. Obecnie w statystycznym opracowaniu wyników wzięto pod uwagę średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe i medianę. Parametry te przypisano do rozdzielonych serii badań i pogrupowano w zależności od miejsca wywołania bodźca (centrum bądź skraj). Pominięto przy tym, opisywane w innych publikacjach zjawisko zależności czasu reakcji na zdarzenia poprzedzające – jak np. stres związany z nadmiarem napływających bodźców, czy wydłużone oczekiwanie na kolejne zadanie (efekt znużenia).



Rys. 5. Wpływ umiejscowienia bodźca na czas reakcji przy manewrze hamowania

Z wyników wyeliminowano pomyłki badanych traktując je jako błędy grube (chodzi o zarejestrowane czasy reakcji co najmniej

dwukrotnie dłuższe od przeciętnych). Stanowiły one ok 4% wszystkich odpowiedzi. Wartość odchylenia standardowego średniej, pomimo wyeliminowania błędów grubych, wykazywała niezbyt duże skupienie wyników, co skłania do oparcia się w analizach na bardziej miarodajnym parametrze, jakim jest mediana. Tym niemniej na wykresach zaprezentowanych na rysunkach 5 i 6 zestawiono obie te wielkości.



Rys. 6. Wpływ umiejscowienia bodźca na czas reakcji przy manewrze skrętu

Na rysunku 5 i 6 przedstawiono statystykę wyników wszystkich dotychczas przeprowadzonych testów z podziałem na warianty rozmieszczenia znaków.

W przypadku manewru hamowania (rys. 5) obserwowane jest wydłużenie czasu reakcji na skrajne bodźce, zarówno wyrażane jako mediana jak i średnia arytmetyczna w populacji. Zauważono, że jakościowy charakter zjawiska jest jednakowy dla obydwu analizowanych wariantów. W wariantie II (przy jednym centralnym znaku) efekt jest jednak słabszy. Na podstawie obecnie posiadanego materiału badawczego nie można wskazać przyczyn takich ilościowych różnic

Drugi z wyodrębnionych manewrów, czyli skręt, został podsumowany na rysunku 6. W tym przypadku również wyraźnie widać wpływ umiejscowienia bodźca na szybkość odpowiedzi kierowcy zarówno w przypadku wariantu I jak i II. Podobnie jak dla manewru hamowania wariant II rozmieszczenia znaków dostarczył wyniki o mniejszym zróżnicowaniu.

Tab. 1. Procentowy przyrost mediany czasu reakcji przy bodźcach przychodzących ze skraju pola widzenia

Zadawany manewr	Wariant I	Wariant II
hamowanie	10 %	2 %
skręt	14 %	6 %

Procentowa zmiana czasu reakcji została podsumowana w tabeli 1. Wykazuje ona, że bodźce przychodzące ze skrajnych obszarów pola widzenia (80° od osi optycznej kierowcy) realizowane są przez populację kierowców z kilkuprocentowym opóźnieniem w stosunku do położenia centralnego. Położenie centralne to w przeprowadzanych badaniach albo oś optyczna, albo znaki zajmujące sumarycznie kąt 40° w centrum.

Jednocześnie należy zauważyć, że otrzymane czasy reakcji wykazują zgodność co do wartości z wynikami badań drogowych publikowanymi w literaturze przedmiotu [10]. Wyraźnie widać także różnicę czasową w odpowiedziach w postaci różnych manewrów. Publikowane dane wykazują, że jednym z głównych składników sumarycznego czasu reakcji hamowania jest czas przeniesienia nogi z pedału przyspieszenia na pedał hamulca. Podaje się przy

tym, że wynosi on około $0,1 \pm 0,3$ s. Niemalże identyczne wartości uzyskano w trakcie opisywanych badań stanowiskowych. Widoczne jest to w postaci różnic czasów reakcji skrętu i hamowania (por. rys. 5 i 6).

PODSUMOWANIE

W wyniku porównania posiadanych rejestracji z badań stanowiskowych stwierdzono zależność czasu reakcji kierującego od kierunku z którego nadchodzi bodźce. Przyjęty podział na dwa kierunki – centrum pola widzenia i skraj dał dla wszystkich rodzajów oczekiwanej odpowiedzi jednoznaczne zmiany czasu reakcji. Wielkość zmiany ok. $2 \div 14$ % jest na tyle istotna, że należałoby przeprowadzić badania uściślające. Mogłyby one wyjaśnić m. in. dlaczego wariant II ze znakiem umieszczonym centralnie dał mniej zróżnicowany efekt zmiany czasu reakcji. Do tego czasu przytoczone wartości procentowe należy traktować jako orientacyjne.

Na podstawie powyższych wątpliwości zaplanowano w przyszłości przeprowadzenie zestawu testów, przy których pole obserwacji kierującego podzielone zostanie na 5 stref z bodźcami: centralną, dwie skrajne i dwie pośrednie.

Badania mogą być przydatne do analizy zdarzeń drogowych, a także być przesłanką do poprawy ergonomii kabin pojazdów.

Położenie dodatkowych elementów w kabinie jak nawigacja GPS czy centralne wyświetlacze multimedialne LCD w niewłaściwych miejscach może prowadzić do niekorzystnego wpływu na efektywność i stopień bezpieczeństwa pracy kierowcy.

Zaobserwowane zjawisko wydłużania czasu reakcji można przenieść również na zagadnienia związane z tworzeniem infrastruktury drogowej. Dbałość o właściwe położenie bodźców optycznych, które spotyka kierowca, takich jak tablice zmiennej treści, znaki drogowe, sygnalizacja świetlna może wpłynąć na poprawę szybkości reagowania.

Możliwa do wykazania kilkunastoprocentowa poprawa procesu reagowania nie powinna być bagatelizowana w coraz dynamiczniejszym ruchu drogowym.

BIBLIOGRAFIA

1. Bielski A., Ciuryło R., *Podstawy metod opracowania pomiarów*, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń 2001.
2. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, WKiŁ, Warszawa 2014.
3. Hosudarskyi A., Woźniak P., Zakrzewski M. *Studencki projekt badawczy: Badania statystyczne czasu złożonej reakcji psychomotorycznej grupy kierujących samochodem osobowym*. opiekun: dr inż. Krzysztof Surmiński, Wydz. Mechaniczny Politechnika Łódzka, 2017
4. Olczyk Ł., *Wpływ różnych bodźców na czas reakcji kierującego*, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, 2011.
5. Rotter T., *Metodyka psychologicznych badań kierowców*, Wydawnictwo Instytutu Transportu Samochodowego, Warszawa 2003.
6. Stańczyk T., Lozia Z., Pieniążek W., Jurecki R., *Badania reakcji kierowców w symulowanych sytuacjach wypadkowych*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów 1(77)/2010.
7. Surmiński K., Szydłowski T., *Analiza możliwości badań reakcji psychomotorycznej kierującego w oparciu o testy stanowiskowe*, Autobusy 2016, nr 12
8. Surmiński K., Szydłowski T. *Metoda stanowiskowej oceny czasu reakcji psychomotorycznej kierowcy w pojeździe*, „Logistyka” 2014, nr 6.
9. Wicher J., *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*, WKiŁ, Warszawa 2012
10. Wierciński J., Reza A., *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2010.
11. *Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 lipca 2014 r. w sprawie badań psychologicznych osób ubiegających się o uprawnienia do kierowania pojazdami, kierowców oraz osób wykonujących pracę na stanowisku kierowcy*, Dzienniku Ustaw z dnia 16 lipca 2014 r., poz. 937

Position of the stimulus in the driver's field of vision as a decision factor about his response process

The article discusses the effect of the direction of arrival of the stimulus on the response time of the driver. The results of tests carried out on numerous groups of drivers are described. The research was carried out at the test stand in the Department of Vehicles and Fundamentals of Machine Design, Lodz University of Technology. The test stand allows repeatedly force the response on the incoming optical stimulus. The examined people take a seat in the cab of the real vehicle and make typical maneuvers such as braking or turning. Using the sensor set, response times of drivers for the stimulus were measured. The extensive research material (several thousand measurements) accumulated over the last few years has allowed for analysis which the results have been presented. Authors noticed the relationship of the reaction time on the location of the stimulus in the field of view of the driver. The results of the analysis showed the elongation of this time to a dozen or so percent. This phenomenon is so pronounced that it seems to be important to continue research on this issue.

Autorzy:

dr inż. **Krzysztof Surmiński** – Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn, e-mail: krzysztof.surminski@p.lodz.pl

dr inż. **Tomasz Szydłowski** – Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn, e-mail: tomasz.szydowski@p.lodz.pl