

Krzysztof SURMIŃSKI, Tomasz SZYDŁOWSKI

WPLÝW EFEKTU ZNUŻENIA NA CZAS REAKCJI KIERUJĄCEGO

W artykule omówiono zagadnienie związane z bezpieczeństwem ruchu wynikającym z predyspozycji psychofizycznych kierującego. Rozważano jakie czynniki mogą mieć wpływ na wielkość jednego z głównych parametrów opisujących danego kierującego jakim jest czas reakcji. Wyodrębniony do dalszej weryfikacji eksperymentalnej został efekt znużenia.

Na opracowanym i zbudowanym w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej stanowisku pomiarowym została zaaranżowana seria testów mająca dostarczyć danych liczbowych z przebadanej populacji kierowców. Opisane zostały szczegóły stanowiska, procedura testowa i efekt analizy otrzymanych wyników. Obszerny materiał badawczy liczący ponad 5000 zarejestrowanych reakcji pozwalał na wykonanie opracowania statystycznego wg różnych kryteriów.

WSTĘP

Jednym z czynników mających istotny wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego jest czas reakcji kierującego. O jego znaczeniu świadczy m. in. Fakt, że stanowi on jeden z parametrów badanych w ramach badań kwalifikacyjnych kierowców. Używane do tego narzędzia badawcze, takie jak: aparat Piórkowskiego, aparat krzyżowy, czy refleksomierz. Pozwalają jedynie na pomiar czasu tak zwanej reakcji prostej. Ma to sens w przypadku kontroli zmian predyspozycji np. kierowców zawodowych, ponieważ dostarcza metrologicznie wiarygodnych danych na temat zmian cech psychomotorycznych. Urządzenia te dzięki nieskomplikowanej budowie mogą być powszechnie wykorzystywane, a koszt ich wyprodukowania i używania stanowi sensowny kompromis pomiędzy kosztem a otrzymywanymi rezultatami.

Aparaty te pozwalają na pomiar reakcji wyrażonej w jednostkach czasu. Uzyskiwane wyniki mogą być materiałem do weryfikacji predyspozycji kierowców, ale nie odpowiadają one rzeczywistej reakcji kierującego na sytuację drogową.

Rzeczywiste sytuacje drogowe zmuszają kierującego do działań o znacznie bardziej skomplikowanym charakterze niż ten odzorowywany na wspomnianej aparaturze. Cykl decyzyjny w ruchu drogowym wymaga od kierującego wyodrębnienia bodźca, jego oceny, podjęcia decyzji oraz reakcją fizycznej.

Poznanie wszystkich etapów powyższego procesu z uwzględnieniem wpływu czynników go zakłócających stanowi niewątpliwie istotny aspekt badań nad poprawą poziomu bezpieczeństwa w ruchu drogowym.

Należy zdawać sobie sprawę, że część czynników wpływających na długość czasu reakcji jest trudna bądź wręcz niemożliwa do zmiany. Tym bardziej wskazane są badania, które pozwolą na poznanie szczegółów tego procesu, bo choćby niewielki wpływ na skrócenie czasu reagowania kierującego może mieć decydujący wpływ na przebieg zdarzeń w sytuacjach krytycznych na drodze.

Powyższe przesłanki stały się powodem podjęcia m. in. prac, których wyniki zaprezentowano w niniejszym artykule.

1. CZYNNIKI WPLÝWAJĄCE NA ZDOLNOŚCI PSYCHOMOTORYCZNE KIERUJĄCEGO

Od kierującego oczekuje się zespołu cech predestynujących go do bezpiecznego poruszania się w ruchu drogowym. Zgodnie z

opracowaniami literaturowymi wśród najważniejszych wymienia się cechy psychiczne, intelektualne i osobowościowe takie jak [4]:

- szybkość i dokładność obserwacji,
- widzenie stereoskopowe,
- umiejętność oceny prędkości obiektów w ruchu,
- widzenie w skrajnych warunkach oświetlenia,
- rozróżnianie barw,
- koordynację wzrokowo-ruchową,
- pamięć wzrokową i mięśniową,
- sprawność myślenia i wnioskowania,
- szybkość podejmowania decyzji.

Część z tych parametrów jest mierzalna bezpośrednio, inne pozostają domeną wiedzy opisowej.

Przywoływany już parametr jakim jest czas reakcji w dużym stopniu uzależniony jest od większości powyżej wymienionych cech.

Ponieważ jest on jednocześnie mierzalny jest wykorzystywany w okresowych testach kwalifikacyjnych kierowców.[10]

Czas reakcji na bodźce jest indywidualną cechą kierującego w danych warunkach i określonej kondycji badanego. Oczekuje się, że czas ten będzie możliwie najkrótszy, ale jednocześnie będzie występowała tzw. stałość reakcji definiowana jako różnica między najdłuższym i najkrótszym czasem reakcji na dany bodziec pomimo występujących czynników zakłócających. Nie ulega wątpliwości, że należą do nich:

- zmęczenie,
- długotrwały stres,
- alkohol,
- hałas,
- choroby,
- wiek,
- konsekwencje rytmu dobowego organizmu,
- skrajne temperatury,
- mała zawartość tlenu w powietrzu,
- niekorzystne warunki biometeorologiczne,
- niekorzystna ergonomia miejsca pracy,
- przychodzenia bodźców poza centrum pola widzenia,
- duża częstotliwość napływania bodźców,
- dodatkowe bodźce komunikacyjnie nieistotne, a rozpraszające uwagę,
- konieczność obsługi dodatkowych urządzeń w kabinie pojazdu.

Większość z nich jest intuicyjnie odbierana jako negatywnie wpływająca na zdolność reagowania. Jednak udział procentowy, hierarchia ważności powinny być przedmiotem pogłębionych badań.

Skoro część czynników może być w sposób nieuświadomiony odbierana przez kierowcę należałoby poznać zjawiska związane z wymiernym wpływem czynników na czas jego reakcji. Pozwoliłoby to podjąć próbę eliminowania tych o negatywnym bądź wykorzystając te o pozytywnym wpływie.

Dysponując odpowiednim zapleczem badawczym można podjąć próby wyizolowania z sumarycznego efektu jakim jest czas reakcji czynników mogących w sposób mierzalny wpływać na jego wartość. Uwagę można skupić na kierunku przychodzenia bodźców (zwykle jest to niezależne od kierującego), ilości bodźców w czasie (wpływ przez eliminację bodźców o mniejszej wadze) lub zakłócającym działaniu bodźców komunikacyjnie nieistotnych (łączość GSM, CB, radio). Wpływ na pojedynczego, konkretnego kierowcę może być różny, ale pozyskanie wyników statystycznych dla dużych grup kierujących stwarza możliwość uogólnienia wniosków w pracach nad poprawą stopnia bezpieczeństwa ruchu drogowego.

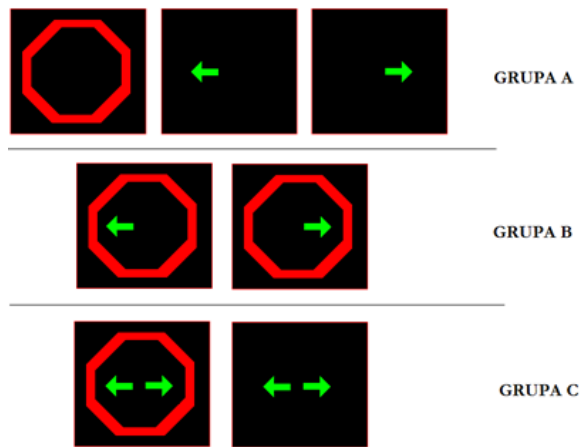
2. METODA I APARATURA BADAWCZA

Do badań wykorzystano stanowisko zbudowane w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn i od kilku lat z powodzeniem wykorzystywane do oceny różnych zjawisk związanych ze sprawnością psychomotoryczną kierującego w odpowiedzi na bodźce nappływające z różnych kierunków. [6],[7].



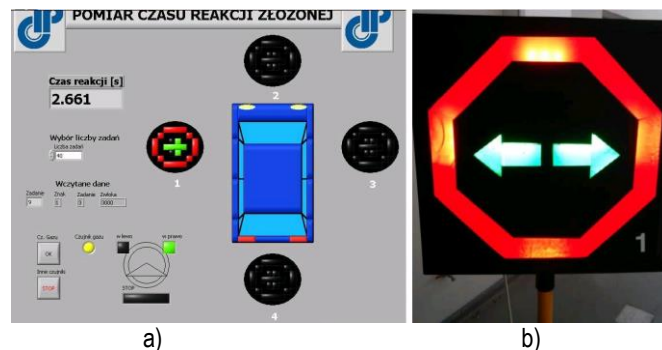
Rys. 1. Stanowisko do badań czasów reakcji złożonej – widok ogólny

Stanowisko składa się ze źródła bodźców w postaci tablic świetlnych o zmiennej treści rozmieszczonych w ustalony sposób wokół pojazdu badawczego. Tablice te, o powierzchni zbliżonej do typowego znaku drogowego wyświetlają umowne symbole, które są dla osoby badanej, znajdującej się w pojeździe poleceniami do wykonania określonego manewru – rys. 2. W uproszczonej formie graficznej udało zakodować się siedem informacji. W podstawowych symbolach grupy A zawarto manewry pojedyncze: hamuj, skręcaj w lewo, skręcaj w prawo. Grupa B piktogramów podwójnych symbolizuje manewry podwójne: hamuj ze skrzętem. Ostatnia grupa C to trzy piktogramy rezerwowe, które można wykorzystać np. jako rozkazy „użyj sygnału dźwiękowej i jednocześnie hamuj” oraz sam sygnał dźwiękowy.



Rys. 2. Symbole możliwe do przedstawienia na tablicach świetlnych

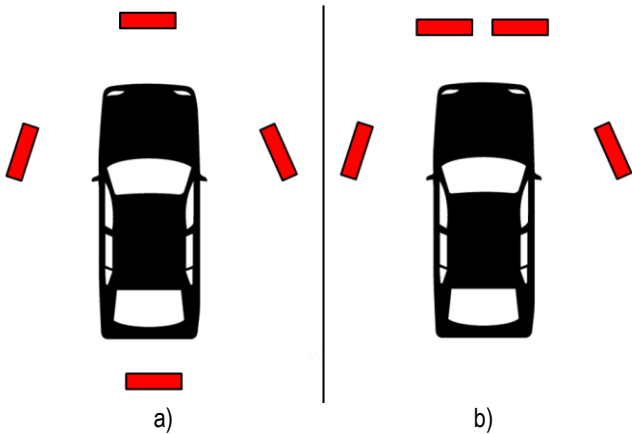
W omawianej serii badań ograniczono się do pięciu manewrów: hamowanie, skrzęty w lewo i prawo oraz hamowania ze skrzętem (grupy A i B na rys. 2). Odpowiedź kierującego rejestrowana jest poprzez czujniki zamontowane w kabinie: na kierownicy bezwładnościowy czujnik skrzętu, na pedale przyspieszenia czujnik stykowy reagujący na nacisk oraz fotooptyczny czujnik światła STOP. Całością steruje komputer z aplikacją napisaną w środowisku LabVIEW (rys. 3), który pełni również rolę jednostki pomiarowej i rejestrującej wyniki testu.



Rys. 3. Stanowisko do badań czasów reakcji złożonej – elementy sterujące aplikacją (a) i tablica świetlna (b)

W badaniach przyjęto, że każdy następny bodziec może przyjść do kierującego wtedy, gdy poprawnie odpowie na bodziec poprzedzający i przyjmie pozycję wyjściową. Polega ona na utrzymaniu lekkiego nacisku na pedał przyspieszenia i ustawienia koła kierownicy do jazdy na wprost. Dzięki wprowadzeniu takiego warunku początkowego wymusza się na kierującym wykonanie pełnego ruchu przeniesienia prawej nogi z pedału przyspieszenia na pedał hamulca. Odpowiada to przeciętnym warunkom jazdy i eliminuje próby polepszenia swoich wyników przez przygotowanie się do operowania hamulcem.

W testach zastosowano dwa sposoby rozmieszczenia znaków świetlnych (rysunek 4): w pierwszym jeden znak znajdował się w centrum pola widzenia kierującego, dwa na jego skrajach i jeden z tyłu pojazdu. W drugiej konfiguracji dwa znaki znajdowały się w obszarze widoczności z przodu pojazdu a dwa na skrajach pola widzenia. Tylny znak, jeśli występował widoczny był w lusterku wstecznym i przekazywał jedynie symbol nakazujący hamowanie.



Rys. 4. Schematy rozmieszczenia tablic świetlnych wokół pojazdu

Plan badań obejmował długotrwałe testy składające się z kilkudziesięciu pseudolosowo następujących bodźców przychodzących z różnych kierunków.

Aparatura sterująca wymaga przygotowania pliku tekstowego, który w wierszach zawiera kolejne zadania dla kierującego. Informacja w wierszu składa się z czterech liczb:

- numeru znaku, który ma zostać użyty,
- symbol, który ma zostać wyświetlony,
- interwał czasowy, po jakim ma zaistnieć dany sygnał,
- zakodowana binarnie prawidłowa odpowiedź z czujników.

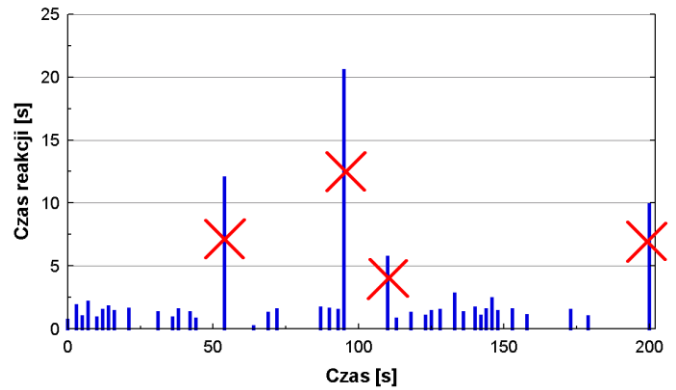
Tworząc scenariusze badań istnieje możliwość przyjęcia dowolnej liczby zdarzeń w teście i dowolnego odstępów pomiędzy poszczególnymi zdarzeniami (widać to na rys. 5). Przygotowuje się je tworząc ciągi pseudolosowe, przez co badany nie ma możliwości przewidywania kolejnych bodźców (czas pojawienia się, miejsce, zadanie do wykonania). W zależności od celu badań możliwe jest opracowanie scenariusza „tematycznego” wyodrębniającego interesujące zjawisko, np. reakcja na kierującego na bodźce docierające zza samochodu i obserwowane w lusterku wstecznym.

3. PRZEBIEG BADAŃ CZASU REAKCJI I INTERPRETACJA WYNIKÓW

Przystępując do testów założono, że należy zgromadzić możliwie obszerny i urozmaicony materiał badawczy. Odpowiednia obróbka statystyczna wyników powinna zapewnić możliwość wstępnej oceny czynników wpływających na czas reakcji. W związku z tym przygotowano testy o stochastycznej strukturze i zróżnicowane pod względem kierunku, treści bodźca.

W taki sposób zgromadzono dane z trzech sesji pomiarowych. Kilkudziesięciosobowe grupy kierujących brały udział w testach liczących od 40 do 50 bodźców przychodzących w odstępach czasu od 1 do 30 sekund. Pozwoliło to zgromadzić ponad 5000 odpowiedzi.

Z wyników wyeliminowano te, które uznano za błędy grube. Stanowiły one ok 4% odpowiedzi i odznaczały się nierealnie długim czasem reakcji, powyżej kilku sekund – rys. 5. Przyczyną pojawienia się tych wartości jest specyficzny sposób mierzenia długości czasu reakcji, w którym kierujący nie wie, czy jego manewr został zaakceptowany przez system pomiarowy (czujniki celowo nie dają informacji zwrotnej, jedynym sygnałem o przejściu do następnego oczekiwania na bodziec jest zgaśnięcie tablicy świetlnej). Pozostawione pomyłki zawyżają średni czas reakcji, a w mniejszym stopniu wpływają na wartość mediany. Przykładowo dla testu z rys. 5 wartości sprzed i po korekcie przedstawiono w tab. 1.



Rys. 5. Wynik testu pojedynczego kierującego z uwzględnieniem rozkładu interwałów pomiędzy bodźcami z zaznaczonymi pomyłkami

Tab. 1. Porównanie wyników statystycznych sprzed i po korekcie błędów grubych

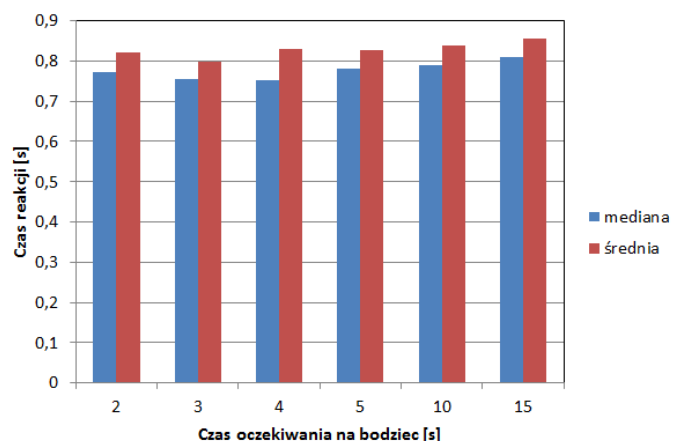
| | Średnia arytmetyczna | Mediana |
|---------------|----------------------|---------|
| Przed korektą | 2,390 s | 1,418 s |
| Po korekcie | 1,324 s | 1,356 s |

Odseparowano z testów i pogrupowano reakcje tego samego typu:

- skręty
- hamowanie
- hamowania ze skrętem.

Założono przy tym że nie powinna występować różnica w czasie odpowiedzi na rozkaz skrętu w lewo czy prawo i wyniki obu rozkazów mogą być analizowane wspólnie.

Po rozdzieleniu reakcji na grupy obliczono średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe i medianę. Wyniki te posłużyły jako wyjściowe dla danej populacji z rozróżnieniem poprzedzającego odpowiedź czasu oczekiwania na bodziec. Ponieważ odchylenie standardowe średniej, nawet po wyeliminowanie błędów grubych wykazywało niezbyt duże skupienie wyników, zdecydowano, że mimo prezentacji i mediany i średniej arytmetycznej, bardziej miarodajnym parametrem jest w tym wypadku mediana.

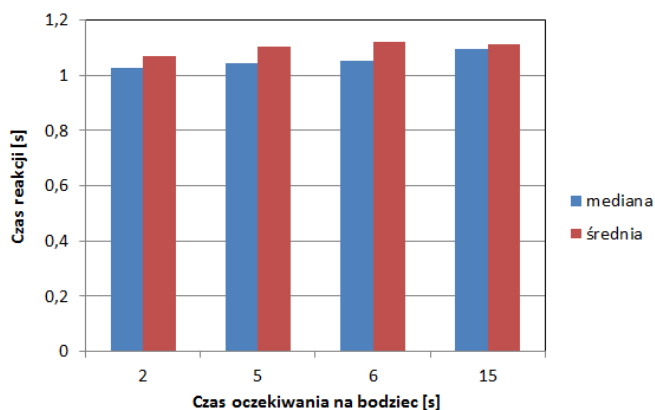


Rys. 6. Zjawisko wydłużania czasu reakcji na ten sam typ bodźca (polecenie skrętu) w zależności od czasu oczekiwania

Rysunek 6 pokazuje skumulowany wynik próby na grupie kierujących pokazujący jak wpływa okres oczekiwania na bodziec na wynikowy czas reakcji.

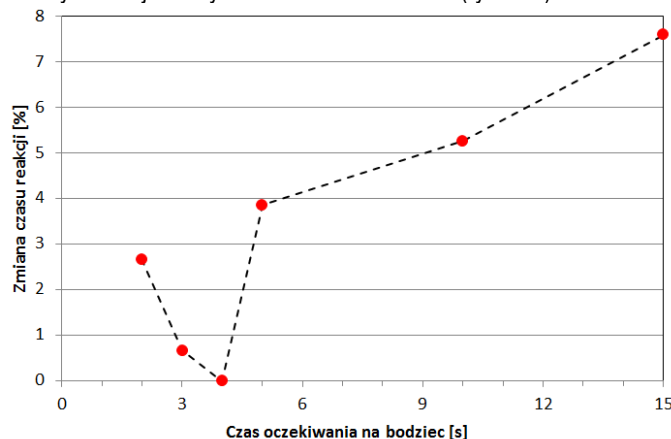
Analogiczny wykres dla innej grupy badanej i innego typu reakcji (polecenie hamowania) pokazano na rysunku 7. Hamowanie jest reakcją złożoną, wymagającą przeniesienia nogi z pedału przyspie-

szczenia na pedał hamulca, zatem jej czas jest odpowiednio dłuższy. Podawane w literaturze różnice w czasach reakcji w przypadku manewru skrętu i hamowania wynoszą około 0,3 s, co potwierdza się w prezentowanych badaniach (rys. 6 i 7).



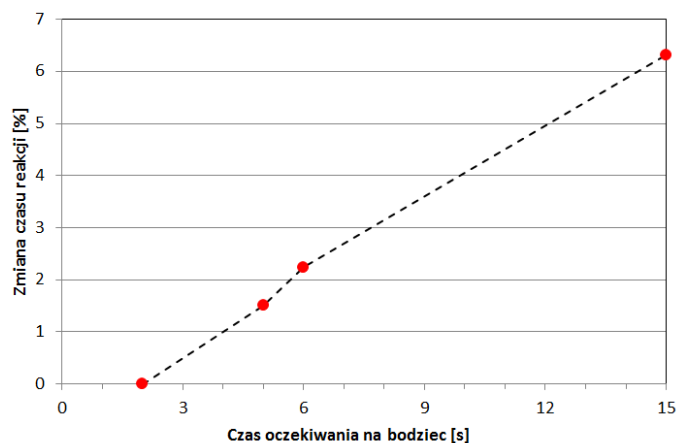
Rys. 7. Zjawisko wydłużania czasu reakcji na ten sam typ bodźca (polecenie hamowania) w zależności od czasu oczekiwania

Porównując oba zbiorcze wykresy daje się również zauważyć wzrost czasu reakcji przy zwiększającym się czasie oczekiwania na bodziec. Zmiana ta powtórzyła się dla znakomitej większości stworzonych zestawień. W analizowanych przebiegach zauważa się wzrost czasu odpowiedzi na bodziec średnio o 7% pomiędzy najkrótszymi a najdłuższymi czasami oczekiwania (rys. 8 i 9).



Rys. 8. Względne wydłużenie czasu reakcji na polecenie skrętu w zależności od czasu oczekiwania

W przypadku reakcji typu skręt zauważa się powtarzalny efekt zwiększenia czasu odpowiedzi przy najkrótszych interwałach pomiędzy bodźcami. Zjawisko to pojawiało się przy wszystkich analizowanych seriach pomiarów gdy częstotliwość pojawiania się bodźców zaczynała zbliżać się do czasu reakcji kierującego, czyli pomiędzy 1 a 3 sekundy. O ile w poprzednio opisywanym zjawisku kierujący sami deklarowali, że przyczyną pogorszenia czasu odpowiedzi może być znużenie oczekiwaniem na kolejny bodziec i czasem testu to drugie zjawisko można utożsamiać z przeciążeniem ilością szybko następujących bodźców. Pogorszenie wyników kierującego występowało już przy trzecim kolejnym, szybko następującym bodźcu w serii.



Rys. 9. Względne wydłużenie czasu reakcji na polecenie hamowania w zależności od czasu oczekiwania

Ponieważ nie zaobserwowano tego zjawiska przy reakcji typu hamowanie (rys. 7 i 9), należało by to poddać oddzielnemu cyklowi ukierunkowanych testów.

PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań stanowiskowych zostały przeanalizowane pod kątem wyodrębnienia czynników mogących wpływać na wydłużenie czasu reakcji kierującego, a tym samym przyczyniać się do zmniejszenia stopnia bezpieczeństwa jego pracy na drodze. Możliwości posiadanego stanowiska, tworzenia powtarzalnych i zaplanowanych serii badań przeprowadzanych na wielu kierujących wykorzystano, by wyszukać możliwych zależności pomiędzy czasem oczekiwania na bodziec - utożsamianym również z częstotliwością jego pojawiania się, a długością czasu reakcji złożonej. Wzięto pod uwagę obrobione statystycznie 3 grupy testów przeprowadzonych na średnio kilkudziesięciosobowych zespołach. Ponieważ w testach uczestniczyły grupy studenckie - można uznać populację za porównywalne (wiek, doświadczenie jako kierujący). Jednocześnie należy sobie zdawać sprawę, że nie jest to grupa reprezentatywna dla wszystkich kierujących spotykanych na drogach. Stosunkowo młody wiek można uważać za efekt sprzyjający dobrym wynikom w testach psychomotorycznych. W skumulowanych wynikach zaobserwowano zależności pozwalające na postawienie tezy, wymagającej dalszego potwierdzenia w toku badań, że istnieje zależność pomiędzy częstotliwością przychodzenie bodźców a czasem reakcji. W opracowaniu statystycznym zwiększanie czasów pomiędzy poszczególnymi bodźcami powoduje nieznaczne, ale widoczne w wynikach opóźnienie czasu reakcji - szczególnie w przypadku odpowiedzi na bodźce przychodzące po kilkunastu sekundach, co w niniejszym opracowaniu nazwano efektem znużenia. Dał się również zaobserwować efekt opóźnienia reakcji przy zbyt dużym obciążeniu bodźcami, jednak występował on tylko w reakcji psychomotorycznie prostszej, jaką jest skręt.

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. Olczyk Ł., *Wpływ różnych bodźców na czas reakcji kierującego*, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, 2011.

4. Rotter T., *Metodyka psychologicznych badań kierowców*, Wydawnictwo Instytutu Transportu Samochodowego, Warszawa 2003.
5. Stańczyk T., Lozia Z., Pieniążek W., Jurecki R., *Badania reakcji kierowców w symulowanych sytuacjach wypadkowych*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów 1(77)/2010.
6. Surmiński K., Szydłowski T., *Analiza możliwości badań reakcji psychomotorycznej kierującego w oparciu o testy stanowiskowe*, Autobusy 2016, nr 12
7. Surmiński K., Szydłowski T. *Metoda stanowiskowej oceny czasu reakcji psychomotorycznej kierowcy w pojeździe*, „Logistyka” 2014, nr 6.
8. Wicher J., *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*, WKŁ, Warszawa 2012
9. Wierciński J., Reza A., *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2010.
10. *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

Impact of fatigue on driver response time

The paper discusses the issue of traffic safety related to human psychophysical predispositions. Considered what factors can make impact on one of the main parameters describing the driver's response time. For further experimental verification was separated the effect of weariness.

Series of tests which were to provide data from the examined driver population were carried out on a test stand which was designed and built at Department of Vehicles and Fundamentals of Machine Design, Lodz University of Technology.

The details of the test stand, the test procedure and the results of the analysis have been described in the paper. Wide research material with over 5000 recorded reactions allowed for the elaboration of statistics according to various criteria..

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