

Dr inż. Rafał S. Jurecki

Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu
Politechnika Świętokrzyska
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-143 Kielce, Polska
E-mail: rjurecki@tu.kielce.pl

Dr hab. inż. Tomasz L. Stańczyk prof. PŚK

Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu
Politechnika Świętokrzyska
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-143 Kielce, Polska
E-mail: stanczyk@tu.kielce.pl

Metody badań a czas reakcji kierowców

Słowa kluczowe: badania kierowców, czas reakcji kierowców, metody badań

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z wyznaczaniem czasu reakcji kierowcy. Przeprowadzono krótki przegląd metod wyznaczania czasu reakcji kierowców. Zaprezentowano wyniki własnych badań dotyczących czasu reakcji kierowców w sytuacjach przedwypadkowych. Omówiono scenariusz sytuacji wypadkowej, według którego zostały one przeprowadzone. Przedstawiono wyniki pomiarów czasu reakcji wyznaczone w trzech środowiskach badawczych: na torze badawczym, w symulatorze jazdy samochodem oraz na stanowisku do badań psychotechnicznych. Dokonano porównania otrzymanych wartości czasu reakcji i wyznaczono korelacje pomiędzy nimi.

1. Wprowadzenie

Wypadki samochodowe są nieodłącznym elementem ruchu drogowego i zazwyczaj są skutkiem wielu różnych przyczyn występujących w sytuacji zagrożenia (w tym błędu człowieka).

W różnych państwach ryzyko uczestniczenia w wypadkach drogowych jest różne, a pomiędzy poszczególnymi krajami występują dość znaczące różnice. Dlatego też okresowo dokonywane są analizy wypadków umożliwiające zarówno ilościową, jak i jakościową ocenę przyczyn ich powstawania [11, 14]. Aby jednak móc określić, jak działanie konkretnego kierowcy mogło wpłynąć na przebieg danego zdarzenia drogowego, konieczna jest bardzo często szczegółowa rekonstrukcja wypadku. Do takiej rekonstrukcji z reguły prowadzonej obecnie z wykorzystaniem specjalistycznych programów komputerowych, niezbędne jest użycie wielu parametrów charakteryzujących zarówno pojazd, sposób zachowania się kierowcy, jak i warunki otoczenia. O ile parametry pojazdu i warunki otoczenia są stosunkowo łatwe do określenia, to jednak w przypadku kierowcy są z reguły trudne do oszacowania. Działanie kierowcy bowiem uzależnione jest od bardzo wielu czynników: zmęczenia, stresu, doświadczenia w kierowaniu pojazdem itd. Jednym z parametrów charakteryzujących zachowanie się kierowcy niezbędnym do rekonstrukcji jest czas reakcji. Warto wspomnieć, że czas reakcji kierowcy należy do tych podstawowych parametrów, które mają bardzo duży wpływ na końcowy wynik w analizie przebiegu wypadku, a ich zalecane wartości podawane są w poradnikach i materiałach szkoleniowych dla biegłych, ekspertów.

Od tego, jaką wartość czasu reakcji kierowcy biegly przyjmie do analizy wypadku może zależeć określenie zakresu ewentualnej winy kierowcy.

W większości pozycji literaturowych podawane wartości czasu reakcji uzyskiwane są w czasie badań reakcji na tzw. bodziec prosty (pojedynczy sygnał dźwiękowy lub świetlny) – w których kierowca podczas badań ma zadziałać na jeden z elementów sterowania samochodem (pedał hamulca, dźwignię hamulca ręcznego, kierownicę). Przykładem takich badań, są bardzo znane i do niedawna powszechnie stosowane wyniki M. Burckhardta i H. Burga [1]. W badaniach tych, które realizowano na rzeczywistej drodze uczestniczyły dwa jadące za sobą samochody. Badany kierowca prowadził drugi samochód i reagował na zapalające się światła hamulcowe samochodu poprzedzającego. W tych badaniach przebadano w ten sposób w sumie 41 osób. W czasie 1 godziny (tyle trwało badanie jednego uczestnika) rejestrowano około 100 wartości czasu reakcji, co oznacza, że kolejne reakcje kierowcy następowały średnio co 40 sekund. Wyznaczone tą metodą wartości czasu reakcji przyjęte zostały uchwałą niemieckiego sympozjum bieglých sądowych (20 Deutsche Verkehrsgerichtstag in Goslar, 1982 [4]) i były powszechnie stosowane w Niemczech w latach 80-tych i 90-tych. Ze względu na tę rekomendację, ale również z powodu znacznie bardziej starannej, niż w innych przypadkach, przeprowadzonej obróbki statystycznej uzyskanych wyników, były one powszechnie uznawane za jedne z najbardziej poprawnych i wiarygodnych. Potwierdzeniem tego jest również fakt cytowania ich w znaczących publikacjach książkowych dotyczących dynamiki hamowania [2], czy też rekonstrukcji wypadków drogowych [26].

Podobną metodę pomiarów wykorzystał Nishida w swoich badaniach [18]. W literaturze można spotkać opisy jeszcze innych metod badań czasu reakcji kierowców na pojedynczy bodziec, np. na dźwięk specjalnego dzwonka [25], czy też na pojedynczy impuls świetlny stymulatora, przyklejonego na przedniej szybie samochodu [5, 15].

W rzeczywistych sytuacjach drogowych (poza przypadkiem np. jazdy w kolumnie) kierowca reaguje jednak na bodźce złożone, a zachowanie kierującego starającego się uniknąć wypadku obejmuje zarówno hamowanie, jak i (lub) obrót kierownicą.

W literaturze sprzed 10 - 15 lat trudno jest jednak znaleźć dane dotyczące czasu reakcji, w których zarówno bodziec, jak i reakcje kierowcy są złożone. W wielu realizowanych badaniach reakcji na bodźce złożone, często symulowane sytuacje były silnie uproszczone. Na przykład w pracach [5, 16], badania reakcji na bodziec złożony były również badaniami z zastosowaniem lampek przyklejonych na przedniej szybie samochodu przed kierowcą. Kierowca miał reagować zarówno na kolor oraz układ lampek, którym przypisano wcześniej dany manewr – np. słabe lub silne hamowanie, skręt w lewo lub skręt w prawo itp.

W ostatnich latach badania na drogach lub torach coraz częściej polegają na realizacji pewnych wybranych, uznanych za reprezentatywne, umownych scenariuszy wypadkowych. Przykładem mogą być badania opisane w pracy [17], w których na torze symulowano prostopadłe wtargnięcie samochodu na skrzyżowanie. Podobny scenariusz zrealizowali autorzy niniejszej pracy w badaniach opisanych w [10, 22, 23]. Innym przykładem mogą być badania reakcji kierowcy na wypchnięty (zza parkujących na prawym pasie samochodów) mały rowerek dziecięcy [15].

W badaniach, których celem jest wprowadzenie systemu asystenckiego, w ostatnim okresie, popularne stało się wykorzystywanie wypełnionych powietrzem makiet wykonanych z grubej folii, mających kształt i gabaryty samochodu [9, 20, 21] do realizacji różnych scenariuszy badań np. „gwałtownego hamowania”, „gwałtownego omijania” itd.

Reasumując można stwierdzić, że liczba dostępnych w literaturze tego typu badań jest niewielka i obejmuje wyłącznie wybrane przypadki szczególne. Poza brakiem danych dla niektórych sytuacji, innymi istotnymi mankamentami uzyskanych w ten sposób danych są:

- ich nieaktualność dla obecnej populacji kierowców (wyrosłej i zaaklimatyzowanej w środowisku o dużym nasyceniu różnego rodzaju złożonych urządzeń technicznych),

- brak danych dotyczących grup dużego ryzyka, w szczególności młodych kierowców w wieku 18 ÷ 25 lat (w tej grupie wypadki drogowe są w krajach Unii Europejskiej, w tym również w Polsce, główną przyczyną zgonów),
- ich pochodzenie z państw (np. z Niemiec lub USA) o znacznie różniącym się poziomie rozwoju motoryzacji i warunkach w jakich ona funkcjonuje (gęstość i organizacja ruchu drogowego, stan nawierzchni i oznakowania, udział autostrad w ogólnej sieci dróg, sposób szkolenia kierowców itd.).

Mając na względzie powyższe wnioski autorzy skupili się na jednym ze wskaźników działania kierowcy, jakim jest czas reakcji i zdecydowali się przeprowadzić badania, mające rozszerzyć zakres wiedzy w tej dziedzinie. Miały one pomóc znaleźć odpowiedź na pytania dotyczące ewentualnych współzależności pomiędzy czasem reakcji kierowców uzyskanym różnymi metodami badawczymi.

2. Metody badań czasu reakcji kierowców

Mimo wieloletnich badań, nie została dotychczas wypracowana jedna metoda, która przez większość specjalistów z zakresu rekonstrukcji wypadków byłaby uznana za zdecydowanie najlepszą dla określania czasu reakcji kierowców. Ogólnie można wskazać następujące sposoby realizacji tego typu badań:

1. Testy na stanowiskach do badań psychotechnicznych kierowców (lub zbliżonych).
2. Eksperymenty na drogach lub torach badawczych.
3. Badania w symulatorach jazdy.
4. Badania (typu obserwacja) w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego.

Autorzy niniejszej publikacji, podczas badań zachowania się kierowcy w sytuacjach przedwypadkowych wyznaczyli czas reakcji kierowców w trzech pierwszych środowiskach badawczych dla tej samej grupy 30 kierowców.

2.1 Badania na prostych stanowiskach badawczych

Badania zmierzające do wyznaczania czasu reakcji kierowców przeprowadzane na prostych stanowiskach historycznie ujmując stosowane były jako pierwsze. Obecnie z takimi badaniami można się zetknąć tylko sporadycznie, przy czym są one z reguły traktowane, jako badania uzupełniające. Badania te stosują jednak powszechnie psycholodzy do oceny przydatności do zawodu kierowcy i w wielu publikacjach pojawiają się wartości uzyskanego w ten sposób czasu reakcji.

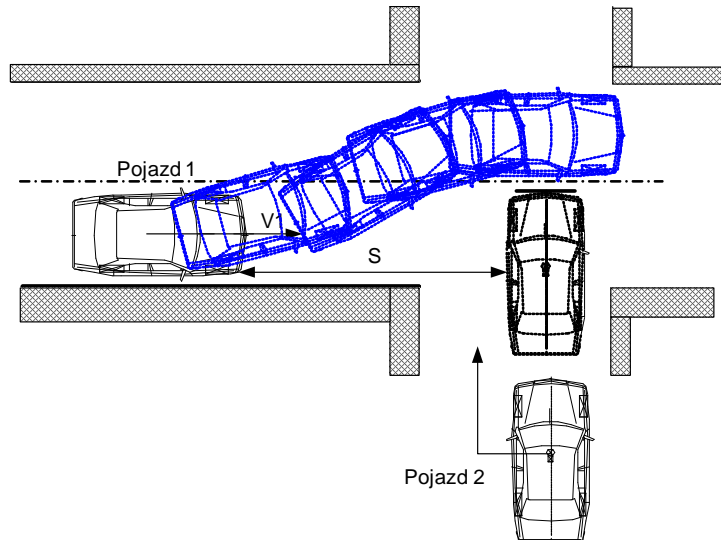
W badaniach prowadzonych tą metodą przez autorów wyznaczano czas reakcji prostej i złożonej [10]. Wyznaczenie czasu reakcji prostej polegało na pomiarze reakcji kierowcy na pojedynczy bodziec prosty – świetlny lub dźwiękowy. Reakcji kierowcy polegała na naciśnięciu w chwili pojawienia się bodźca dowolnego przycisku. Badania reakcji złożonej polegały na tym, że określono rodzajowi bodźca - kolorowi lampki lub dźwiękowi, przypisano określony manipulator, na który kierowca powinien nacisnąć ręką lub nogą.

2.2 Eksperymenty na drogach lub torach badawczych

Badania na drogach lub torach badawczych przez większość specjalistów są uznawane za najlepszy sposób symulowania sytuacji drogowych [16], wykonywania rozmaitych badań dynamiki pojazdów [19], jak również wyznaczania czasu reakcji. Możliwość odzwierciedlenia rzeczywistych warunków ruchu pojazdu, parametrów drogi, jak również możliwość pomiaru czasu reakcji w rzeczywistym samochodzie to niezaprzeczalne zalety takich badań. Jednak wartość uzyskiwanych w ten sposób wyników i ich przydatność do analizy określonych typów wypadków, silnie zależy od sposobu przeprowadzenia eksperymentu. W ostatnich latach na torach badawczych przeprowadzane są badania zachowania się kierowców w oparciu o pewne scenariusze wypadkowe. Obejmują one z

reguły bardzo konkretną sytuację drogową, stąd też uzyskane w ten sposób wartości czasu reakcji mają również ograniczony zakres ich stosowania.

Przeprowadzone przez autorów badania, szeroko opisane w pracach [10, 12, 22, 23], obejmują scenariusz, w których na torze symulowano prostopadłe wtargnięcie samochodu na skrzyżowaniu. Schemat scenariusza badań zamieszczono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat scenariusza sytuacji wypadkowej

Kierowca z „pojazdu 1” poruszającego się z prędkością V_1 zostaje zmuszony do zareagowania w celu uniknięcia zderzenia z pojazdem 2, wjeżdżającym na skrzyżowanie bez ustąpienia mu pierwszeństwa – rys. 1. Scenariusz taki powstał na podstawie obserwacji rzeczywistej sytuacji na skrzyżowaniu zlokalizowanym w Kielcach (rys. 2).



Rys. 2. Rzeczywiste skrzyżowanie

Zdjęcie z realizacji badań prowadzonych przez autorów pokazano na rys. 3. Szczegółowy opis badań przeprowadzonych na torze zamieszczono w pracy [12].



Rys. 3. Realizacja scenariusza podczas badań na torze

2.3. Badania w symulatorach jazdy

Rozwój techniki komputerowej wpłynął na znaczące rozpowszechnienie badań w symulatorach. Symulatory jazdy to urządzenia, w których kierowca kieruje samochodem posługując się tymi samymi elementami sterowania, jak w rzeczywistym samochodzie (pedał przyspieszenia, hamulec, kierownica), ale ruch samochodu realizowany jest w środowisku wirtualnym [3]. Symulatory można podzielić na: symulatory dynamiczne, w których oprócz odwzorowania na dużym ekranie sytuacji drogowej, odwzorowywane są również siły bezwładności działające na kierowcę, np.: podczas hamowania lub w ruchu krzywoliniowym oraz symulatory statyczne, w których siły te nie są odwzorowywane.

Jedną z niepodważalnych zalet symulatorów jest możliwość dokładnego odwzorowania otoczenia oraz realizacji takich scenariuszy, których realizacja w warunkach drogowych byłaby niemożliwa lub wiązałaby się z niebezpieczeństwem.

Podczas realizowanych przez autorów badań w symulatorze [13] realizowano wybrany, identyczny z badaniami na torze scenariusz (rys. 4).



Rys. 4. Widok odwzorowania skrzyżowania w symulatorze

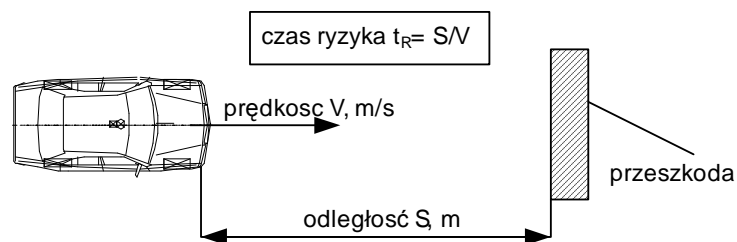
3. Analiza uzyskanych wartości czasu reakcji

W niniejszej analizie wpływ metody badań na uzyskiwane wartości czasu reakcji przedstawiono na podstawie badań własnych autorów. Zaletą takiego porównania jest to, że w prowadzonych badaniach realizowano identyczny scenariusz sytuacji wypadkowej (rys. 1). W

celu uzyskania możliwie wysokiego stopnia zaskoczenia kierowców, w badaniach silnie ograniczono widoczność kierowcy poprzez zainstalowanie np. na torze zasłon, a w symulatorze poprzez odwzorowanie wysokiego żywoplotu oraz stosowano tzw. „puste przejazdy” w których przeszkoda się nie pojawiała. Badaniom w różnych środowiskach badawczych poddano tę samą grupę kierowców. Spójne były również dla całych badań metody analizy wyników. Szczegółowy opis tych badań można znaleźć w pracach: [7, 8, 12].

Podstawowe badania przeprowadzone zostały na Torze „Kielce” oraz w symulatorze jazdy AutoPW [10] Politechniki Warszawskiej. Zadaniem kierowców było dążenie do uniknięcia zderzenia z przeszkodą, kierowca sam decydował, czy wyłącznie hamować, czy wykonywać wyłącznie manewr omijania czy też wykonywać oba te manewry jednocześnie. Ta cecha zdaniem autorów zbliża warunki eksperymentu do sytuacji rzeczywistych, w których to kierowca nie ma narzuconego sposobu zachowania. Uzyskane wyniki skonfrontowano z wynikami testów na stanowisku do badań psychotechnicznych kierowców.

W analizie wyników badań posłużono się pojęciem czasu ryzyka. Czas ryzyka zdefiniowano jako czas, którym dysponuje kierowca od momentu zauważenia przeszkody, do ewentualnego zderzenia z nią. Jest on wykorzystywany przez kierowcę na działania zmierzające do uniknięcia wypadku lub ewentualnie jego skutków. Czas ryzyka wykorzystany przez kierowcę na realizację działań obronnych, obliczano jako stosunek odległości samochodu od przeszkody w chwili zaistnienia zagrożenia wypadkowego (rys. 5) do jego prędkości. Parametr ten, jak wykazały analizy przeprowadzone w pracach autorów [9, 24], jest bardzo ważnym parametrem charakteryzującym sytuację przedwypadkową i zachowanie kierowców. W badaniach przeprowadzono testy dla 15 różnych wartości czasu ryzyka określonych dla trzech prędkości jazdy 40, 50 i 60 km/h oraz pięciu odległości od przeszkody 10, 20, 30, 40, 50m.



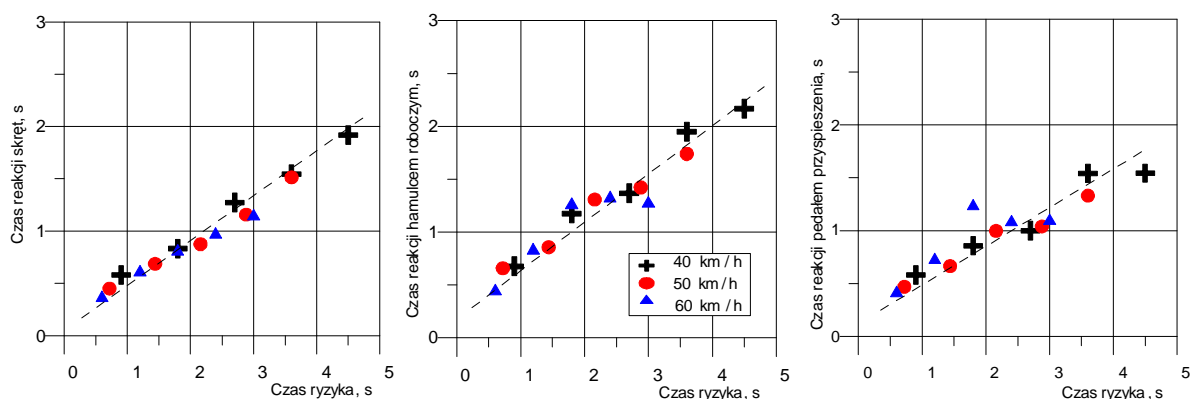
Rys. 5. Wyznaczenie czasu ryzyka

Szczegółowe wyniki analizy czasu reakcji kierowców w sytuacji zagrożenia wypadkowego w oparciu o badania przeprowadzone na Torze Kielce zaprezentowano w artykule [9].

W niniejszej pracy analizowane są następujące czasy reakcji:

- czas reakcji psychicznej, rozumiany, jako czas od momentu pojawienia się przeszkody do początku zdejmowania nogi z pedału przyspieszenia, nazywany dalej krótko: czas reakcji „pedał przyspieszenia”;
- czas reakcji psychomotorycznej podczas hamowania, wyznaczany, jako czas od momentu pojawienia się przeszkody do początku pojawienia się siły na pedale hamulca, nazywany dalej krótko: czas reakcji „hamulec”;
- czas reakcji psychomotorycznej podczas skrętu, wyznaczany, jako czas od momentu pojawienia się przeszkody do początku pojawienia się reakcji na kole kierowniczym, nazywany dalej: czas reakcji „skręt”;

Zależność czasu reakcji dla poszczególnych manewrów tzn. hamowania hamulcem roboczym, hamowania silnikiem oraz skrętu kół przedstawia rys. 6. Dla wszystkich rozpatrywanych manewrów zależność funkcji czasu ryzyka jest liniowa. Wartości średniego czasu reakcji oraz odchylenia standardowego (wartość w nawiasie) dla wybranych wartości czasu ryzyka zamieszczono w tabeli 1.

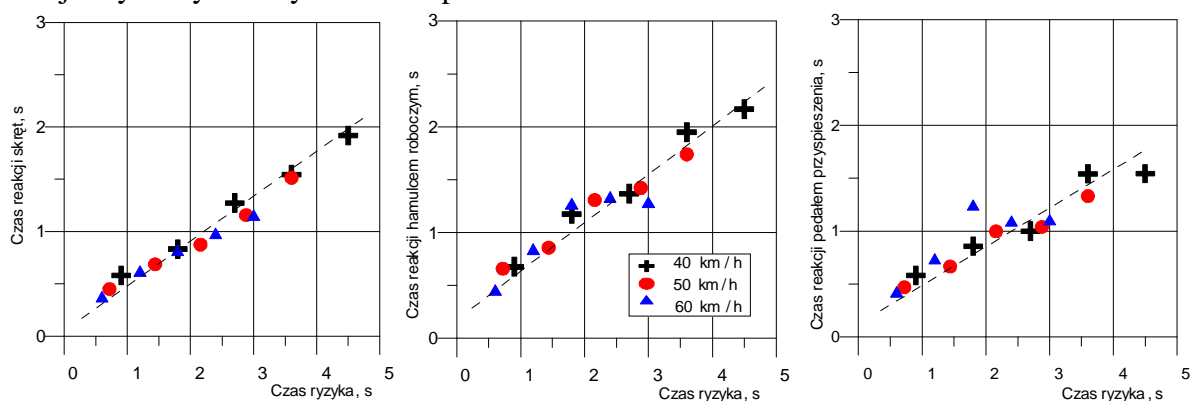


Rys. 6. Czas reakcji kierowców w funkcji czasu ryzyka uzyskany w czasie badań na torze; a). czas reakcji „skręt”, b). czas reakcji „hamulec”, c). czas reakcji „pedał przyspieszenia”

Tabela 1. Zestawienie przykładowych wartości czasu reakcji uzyskanych na torze

Czas reakcji	czas ryzyka, s				
	0,72	1,44	2,16	2,88	3,6
Psychicznej „Pedał przyspieszenia”	0,47 (0,10)	0,66 (0,16)	0,99 (0,15)	1,04 (0,37)	1,5 (0,56)
Psychomotorycznej podczas hamowania, „Hamulec”	0,65 (0,08)	0,85 (0,15)	1,31 (0,20)	1,42 (0,31)	1,85 (0,48)
Psychomotorycznej podczas skrętu, „Skręt”	0,45 (0,09)	0,68 (0,16)	0,87 (0,29)	1,15 (0,21)	1,54 (0,56)

Podobnie wyznaczono wartości czasu reakcji kierowców podczas badań w symulatorze. Graficzne zestawienie otrzymanych wyników przedstawia rys. 7. W przypadku wyników czasu reakcji uzyskanych w symulatorze, przedstawionych w zależności od czasu ryzyka, można powiedzieć, że również mają one charakter liniowy. Przykładowe wartości czasu reakcji uzyskanych w symulatorze przedstawiono w tabeli 2.

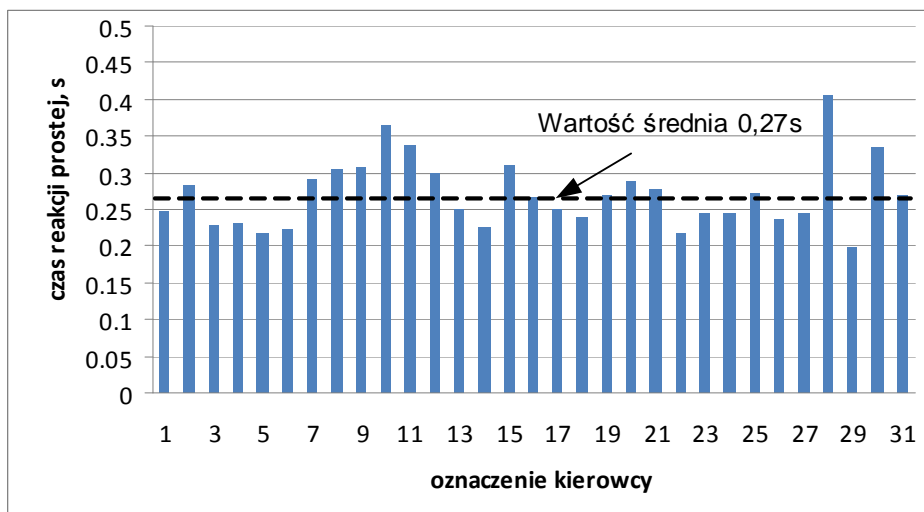


Rys. 7. Czas reakcji kierowców w funkcji czasu ryzyka uzyskany w symulatorze a). czas reakcji „skręt”, b). czas reakcji „hamulec”, c). czas reakcji „pedał przyspieszenia”

Tabela 2. Zestawienie przykładowych wartości czasu reakcji uzyskanych w symulatorze

Czas reakcji	czas ryzyka				
	0,72	1,44	2,16	2,88	3,6
Psychicznej „Pedał przyspieszenia”	0,35 (0,19)	0,45 (0,11)	0,51 (0,17)	0,66 (0,19)	0,81 (0,36)
Psychomotorycznej podczas hamowania, „Hamulec”	Brak reakcji	0,64 (0,15)	0,73 (0,18)	0,92 (0,33)	0,96 (0,22)
Psychomotorycznej podczas skrętu, „Skręt”	0,43 (0,06)	0,49 (0,13)	0,62 (0,21)	0,81 (0,39)	1,23 (0,58)

Badania psychotechniczne przeprowadzono na tej samej grupie kierowców. Każdy z badanych został przebadany dwukrotnie. Otrzymane wyniki badań zaprezentowano na rys. 8. Wartości czasu reakcji prostej porównano z wynikami czasu reakcji uzyskanego w czasie badań eksperymentalnych zarówno na torze, jak i w symulatorze. Dokonano wyznaczenia współczynnika korelacji R czasu reakcji prostej w stosunku do średniego czasu reakcji wyznaczonego dla manewru skrętu kół i hamowania hamulcem roboczym dla wszystkich prób (o różnych wartościach początkowego czasu ryzyka). Wartości współczynników korelacji dla czasu reakcji prostej oraz czasu reakcji – „hamulec” przedstawiono w tabeli 3 i zaś dla czasu reakcji prostej oraz czasu reakcji – „skręt” (tabela 4). Korelacje te wyznaczono dla wyników uzyskanych na torze i w symulatorze.



Rys. 8. Czas reakcji prostej

Tabela 3. Współczynniki korelacji między czasem reakcji prostej a wartościami czasu reakcji „hamulec” (dla różnych wartości czasu ryzyka)

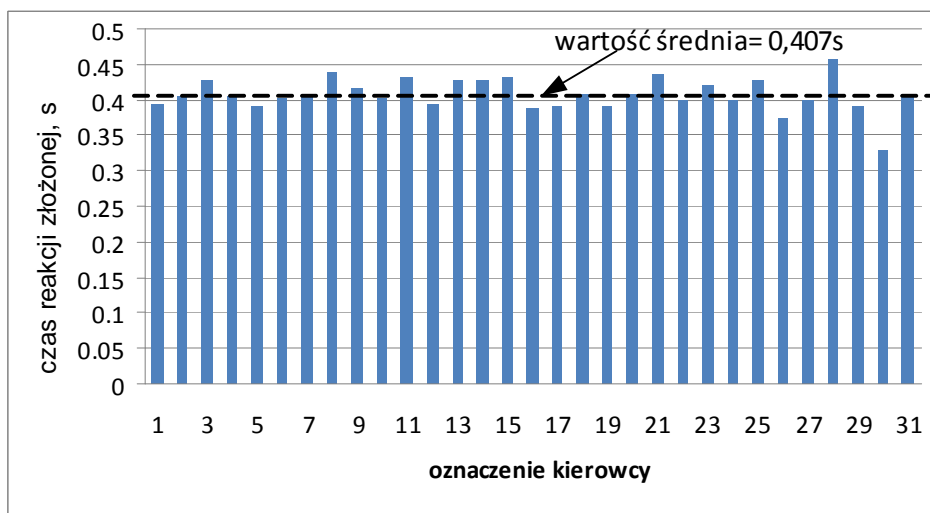
Czas ryzyka, s	0,6	0,72	0,9	1,2	1,44	1,8	1,8	2,16	2,4	2,7	2,88	3,0	3,6	3,6	4,5
Tor	-0.124	-0.037	-0.348	-0.470	-0.141	0.446	-0.184	-0.034	-0.468	-0.620	-0.487	-0.395	-0.193	-0.461	-0.106
symulator	-	-	-	-0.104	-0.004	-0.085	-0.129	0.236	0.133	0.213	0.155	0.199	0.126	0.222	0.145

Tabela 4. Współczynniki korelacji między czasem reakcji prostej a wartościami czasu reakcji „skręt” (dla różnych wartości czasu ryzyka)

Czas ryzyka, s	0,6	0,72	0,9	1,2	1,44	1,8	1,8	2,16	2,4	2,7	2,88	3,0	3,6	3,6	4,5
Tor	0.277	-0.354	-0.017	-0.318	-0.307	-0.319	-0.092	-0.188	0.068	0.008	-0.014	0.120	-0.154	0.141	-0.200
symulator	-0.466	-0.771	-0.219	0.209	0.054	0.364	0.446	0.576	0.094	0.395	0.520	0.203	0.220	0.461	0.117

Uzyskane niskie, a nawet ujemne wartości współczynników korelacji świadczą o tym, że nie występuje żadna korelacja pomiędzy czasem reakcji prostej wyznaczonym na stanowisku a czasem wyznaczonymi w badaniach na torze i w symulatorze, zarówno dla reakcji skrętu, jak i hamowania.

Drugim przeprowadzonym badaniem było badanie wartości czasu reakcji złożonej. Otrzymane wyniki zaprezentowano na rys. 9.



Rys. 9. Porównanie czasu reakcji złożonej

Zgodnie z zamierzeniami autorów dokonano próby określenia wzajemnych zależności pomiędzy wartościami czasu reakcji. Wyznaczono współczynniki korelacji liniowej dla czasu reakcji złożonej oraz czasu reakcji hamulca (tabela 5) i skrętu kół (tabela 6) uzyskanych w badaniach na torze oraz w symulatorze. W tym przypadku również uzyskano niskie a nawet ujemne wartości współczynników korelacji.

Tabela 5. Współczynniki korelacji między czasem reakcji złożonej a wartościami czasu reakcji „hamulec” (dla różnych wartości czasu ryzyka)

Czas ryzyka, s		0,6	0,72	0,9	1,2	1,44	1,8	1,8	2,16	2,4	2,7	2,88	3,0	3,6	3,6	4,5
Tor	R	0.324	-0.289	-0.163	-0.023	-0.074	0.192	-0.093	-0.050	0.007	-0.083	-0.180	-0.095	0.055	0.031	0.134
symulator		-	-	-	0.062	0.145	-0.213	-0.204	-0.020	-0.034	-0.371	-0.148	0.066	0.075	-0.276	-0.118

Tabela 6. Współczynniki korelacji między czasem reakcji złożonej a wartościami czasu reakcji „skręt” (dla różnych wartości czasu ryzyka)

Czas ryzyka, s		0,6	0,72	0,9	1,2	1,44	1,8	1,8	2,16	2,4	2,7	2,88	3,0	3,6	3,6	4,5
Tor	R	0.128	0.030	0.001	-0.207	-0.311	-0.177	-0.027	-0.092	0.162	-0.085	-0.120	-0.220	-0.064	-0.049	-0.191
symulator		-0.304	-0.971	-0.144	0.133	0.211	0.302	0.077	0.158	-0.071	0.473	0.159	0.016	0.194	-0.176	-0.075

Podsumowanie i wnioski

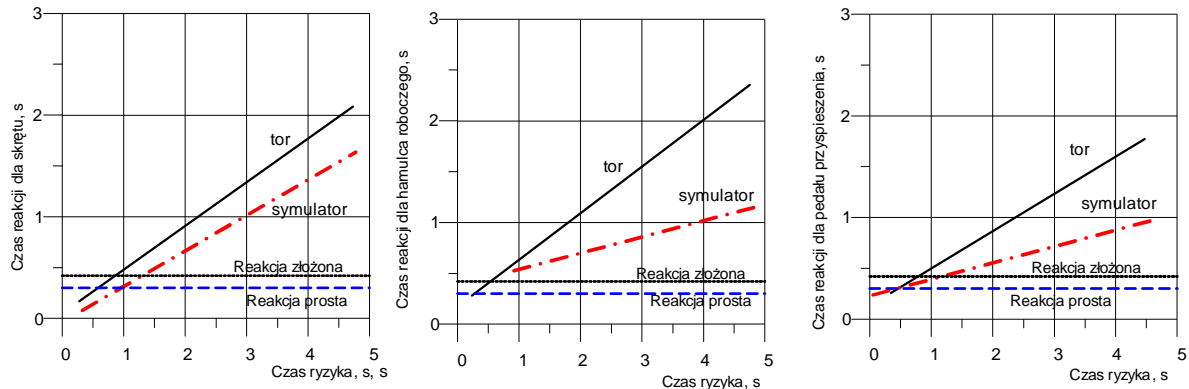
Wartości czasu reakcji kierowców wyznaczonego dla poszczególnych manewrów wyznaczonego na torze i w symulatorze cechuje liniowa zależność od czasu ryzyka. Obie te wartości są ze sobą skorelowane. Na podstawie uzyskanych wyników można zauważyć jednak, że czas reakcji kierowców uzyskany w symulatorze dla wszystkich rozpatrywanych manewrów osiąga w stosunku do wartości zmierzonych na torze wartości mniejsze.

Przyczyną jest fakt, że kierowcy mają świadomość, że prowadzą samochód w środowisku wirtualnym, zatem nawet bardzo gwałtowne manewry są bezpieczne. Można „bezkarnie”, bez żadnych konsekwencji wykonywać gwałtowne skręty, wyjeżdżać poza jezdnię, przejeżdżać przez parkany, ogrodzenia itd. Podczas badań na torze kierowcy reagują tak, aby nie doprowadzić do sytuacji niebezpiecznej polegającej na gwałtownym zarzuceniu samochodem, jego przewróceniu itd.

Uzyskana prawidłowość wskazywana jest również w literaturze [6]. Różnica między publikowanymi tam opiniami a wynikami w prezentowanych badaniach polega na tym, że w cytowanych pracach podawano stałą wartość różnicy czasów uzyskiwanych na torze i w symulatorze. Według [6] czasy reakcji na torze są dłuższe o 0,3s dla hamowania i nie różnią

się dla reakcji przy skręcie. Wg. Mc Gehee i inni [17] czasy reakcji na torze są dłuższe o 0,1s dla hamowania i o 0.03 s przy skręcie. Z badań prezentowanych w niniejszej pracy wynika, że różnica ta nie jest stała, ale zmienia się w zależności od czasu ryzyka charakteryzującego daną próbę (patrz rys. 10).

Uzyskane wartości czasu reakcji zmierzonego na stanowisku do badań psychotechnicznych porównano z uzyskanymi w badaniach na torze i w symulatorze (rys. 11). Na rysunku tym zamieszczono linie odpowiadające czasowi reakcji prostej i złożonej, pomimo, że jest to wartość stała, nie zależna od czasu ryzyka.



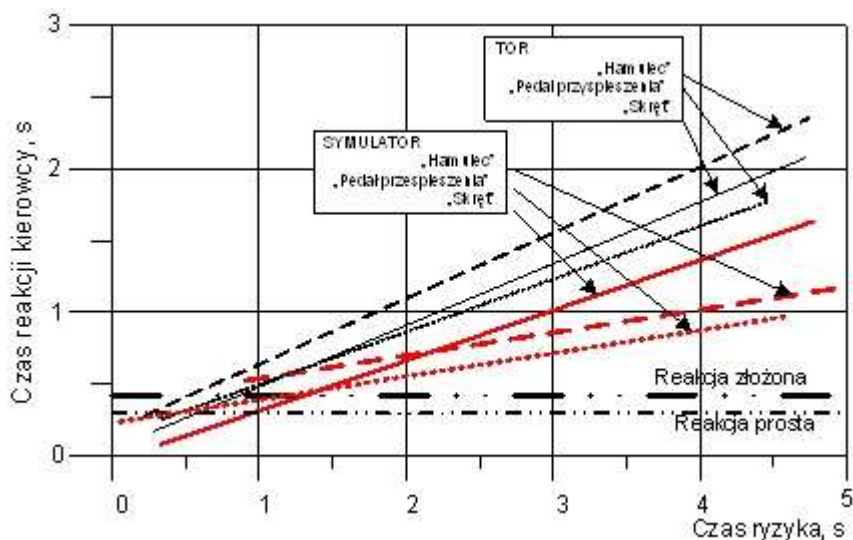
Rys. 10. Porównanie wartości czasów dla rozpatrywanych manewrów
a). czas reakcji „skręt”, b). czas reakcji „hamulec”, c). czas reakcji „pedał przyspieszenia”

Analizując wykresy z rys. 10 można powiedzieć, że czas reakcji prostej i złożonej jest znacząco krótszy niż uzyskiwany dla tych samych kierowców podczas badań na torze czy w symulatorze. Jedynie w przypadku czasu reakcji wyznaczonego dla prób o bardzo małych wartościach czasu ryzyka (0,5-1,0s), są one do siebie zbliżone. Warto zwrócić uwagę, że jedynie dla czasu reakcji „skręt” różnica wartości pomiędzy torem a symulatorem słabo zależy od czasu ryzyka, zatem zbliża się do wartości stałej. Kiedy przeanalizujemy czas reakcji „hamulca” i „skrętu”, to można zauważyć, że im większa wartość czasu ryzyka, tym różnica pomiędzy wynikami uzyskanymi na torze i w symulatorze rośnie.

Jeśli przedstawi się uzyskane wyniki czasu reakcji dla poszczególnych manewrów na jednym wykresie (rys. 11), można powiedzieć, że w przypadku badań na torze, czas reakcji dla „pedału przyspieszenia” jest mniejszy od czasu „skrętu”. Najwyższe wartości czasu reakcji uzyskiwane są dla „hamulca”.

W przypadku średniego czasu reakcji kierowców uzyskanych w symulatorze najmniejsze wartości wyznaczono dla czasu reakcji „pedał przyspieszenia” a najwyższe dla „skrętu”.

Należy zdawać sobie jednak sprawę, że powyższy sposób zachowania kierowców, kolejność wykonywania poszczególnych manewrów została określona dla konkretnego scenariusza sytuacji wypadkowej. Dla innych scenariuszy sytuacji sposób działania kierowcy może się różnić. Dlatego też autorzy w swoich dalszych działaniach podejmują próby mające na celu określenie wpływu różnych scenariuszy na uzyskiwany czas reakcji kierowców.



Rys. 11. Porównanie wartości czasu reakcji

Wyznaczone współczynniki korelacji pomiędzy czasem reakcji „hamowanie” i „skręt” w stosunku do czasu reakcji prostej i złożonej są bardzo małe, a w wielu przypadkach nawet ujemne. Na ogół przeprowadzonych 120 analiz korelacji tylko w 4 przypadkach wartość bezwzględna współczynnika korelacji była większa od 0.5. Stwierdzony brak korelacji z wynikami eksperymentu na torze i w symulatorze dowodzi, że czas reakcji uzyskiwany w badaniach na prostych stanowiskach psychotechnicznych nie może być traktowany jako rzeczywisty czas reakcji kierowców w sytuacjach drogowych i nie może być używany w rekonstrukcji wypadków drogowych.

Wniosek ten jest bardzo ważny, ponieważ w niektórych publikacjach czas reakcji wyznaczone na podobnych stanowiskach jest przyjmowany jako rzeczywisty czas reakcji kierowców w analizie wypadku.

Literatura

1. Burckhardt M, Burg H. Die Brems-Reaktionsdauer von Pkw-Fahrer. Der Verkehrsunfall 1981; 12: 224-235.
2. Burckhardt M. Fahrwerktechnik: Bremsdynamik und Pkw-Bremsanlagen. Würzburg: Vogel Verl., 1991.
3. Chodnicki P, Guzek M, Lozia Z, Mackiewicz W, Stegienka I. Statyczny symulator jazdy samochodem autoPW, wersja 2003. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej Seria Mechanika, Kielce 2004; 79: 157-164.
4. Dannert G. Grundprobleme der Reaktionszeit des Kraftfahrers. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 1988; 12: 328-334.
5. Fröming R. Assessment of Integrated Pedestrian Protection System. PhD thesis. Fortschritt-Berichte VDI. Reihe 12; Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik 2008; 681.
6. Green M. How long does it take to stop? Methodological analysis of driver perception-brake times. Transportation Human Factors 2000; 2(3): 195-216.

7. Guzek M, Jurecki R, Lozia Z, Stańczyk T. Comparative analyses of driver behaviour on the track and in virtual environment. Driving Simulation Conference Europe DSC 2006 Europe, Paris 2006: 221-232.
8. Hillenbrand J. Fahrerassistenz zur Kollisionsvermeidung. PhD thesis. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik 2008; 669.
9. Jansson J, Johansson J, Gustafsson F. Decision Making for collision avoidance systems. SAE Paper 2002-01-0403.
10. Jurecki R. S. Modelowanie zachowania kierowcy w sytuacjach przedwypadkowych. Rozprawa doktorska. Politechnika Świętokrzyska Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn. Kielce, 2005.
11. Jurecki R. Wypadki drogowe w Polsce, skutki i przyczyny. III Konferencja naukowo - Techniczna "Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych". Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej seria Mechanika 2002; 79: 223-232.
12. Jurecki R., Stańczyk T.L. Driver model for the analysis of pre-accident situations. Vehicle System Dynamics 2009; 47(5): 589-612.
13. Jurecki R. S, Stańczyk T. L, Lozia Z. Badania manewru omijania pojawiającej się przeszkody w warunkach badań na torze oraz w symulatorze jazdy. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005; 1(56): 65-78.
14. Kisilowski J, Zalewski J. Wybrane problemy analizy przyczyn wypadków drogowych w Polsce w latach 1995-2004. Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability 2008; 1: 37-43.
15. Krause R, de Vries N, Friebel W-Ch. Mensch und Bremse in Notbremsituationen mit Pkw – neue Erkenntnisse zu Prozesszeiten beim Bremsen. Teil 1. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 2007; 6: 164-171.
16. Magister T, Krulec R, Batista M, Bogdanović L. The driver reaction time measurement experiences. Innovative Automotive Technology – IAT'05. Bled, 21st-22nd April 2005.
17. McGehee D.V, Mazzae E.N, Baldwin G.H.S. Driver reaction time in crash avoidance research: validation of a driving simulator study on a test track. Proceedings of the 14th Triennial Congress of the International Ergonomics Association and the 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society (IEA 2000). San Diego/USA 2000; 6.

18. Nishida Y. Driving characteristics of the elderly: risk compensation of the elderly driver from the viewpoint of reaction behavior. *JSAE Review* 1999; 20: 375-380.
19. Parczewski K, Wnęk H. Wykorzystanie modelu samochodu do analizy ruchu pojazdu po torze krzywoliniowym. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability* 2010; 4: 37-46.
20. Schorn M. Quer-und Längsregelung eines Personenkraftwagens für ein Fahrerassistenzsystem zur Unfallvermeidung. PhD thesis. *Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik* 2007; 651.
21. Stählin U. Eingriffsentscheidung für ein Fahrerassistenzsystem zur Unfallvermeidung. PhD thesis. *Fortschritt-Berichte VDI. Reihe 12. Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik* 2008; 683.
22. Stańczyk T. L, Jurecki R. Czasy reakcji kierowców w stanach zagrożenia wypadkowego. *Materiały III Konferencji "Rozwój techniki samochodowej a ubezpieczenia komunikacyjne"* Radom 2006. Wyd. WSB im. J. Chrapka: 321-348.
23. Stańczyk T. L, Jurecki R. Fahrereaktionszeiten in Unfallrisikosituationen – neue Fahrbahn- und Fahrsimulatorversuche. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 2008; 07-08: 235 – 246.
24. Stańczyk T, Jurecki R. O przyczynach różnic w publikowanych wartościach czasów reakcji kierowców. *Materiały X Konferencji „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych”* Kraków – Szczyrk 2006: Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych: 157-171.
25. Törnros J. Effect of driving speed on reaction time during motorway driving. *Accident Analysis and Prevention* 1995; 27 (4): 435-442.
26. Wypadki drogowe. *Vademecum biegłego sądowego. Pr. zbiorowa.* Kraków: Wyd. IES, 2002.