

CZAS REAKCJI W ZŁOŻONEJ SYTUACJI DROGOWEJ (HAMOWANIE PODCZAS OMIJANIA PRZESZKODY)

TOMASZ LECH STAŃCZYK¹, RAFAŁ JURECKI²

Politechnika Świętokrzyska

Streszczenie

W pracy przeprowadzona została analiza sposobu reagowania kierowców w sytuacjach drogowych, w których dla uniknięcia wypadku możliwe jest jednoczesne podejmowanie zarówno manewru hamowania, jak i omijania. Pokazano trzy scenariusze symulowanych sytuacji wypadkowych, dla których przeprowadzono badania na torze samochodowym. W dwóch scenariuszach przebadano po stu kierowców, a w trzecim - trzydziestu. Dla każdego scenariusza badani kierowcy wykonywali wiele prób, scharakteryzowanych różnymi wartościami czasu do potencjalnego zderzenia z przeszkodą TTC (time to collision). Pokazano strukturę (udziały procentowe) podejmowanych przez kierowców decyzji o wyborze manewru (manewrów) obronnego. Dla najczęściej podejmowanego działania polegające na łączeniu obu manewrów obronnych - hamowania i omijania, pokazano najczęściej realizowaną sekwencję działań mających zapewnić uniknięcie zderzenia. W pracy podano uzyskane wartości czasu reakcji przy hamowaniu i przy skręcie (omijaniu) dla badanych sytuacji drogowych. Zarówno uzyskane wartości średnie jak i pokazane na wykresach kwantyle zależą od rodzaju sytuacji drogowej, jak i stopnia zagrożenia, którego miarą jest czas TTC.

Słowa kluczowe: wypadki drogowe, sposób działania kierowców, czas reakcji kierowców

1. Wstęp

Niemal wszystkie dostępne w literaturze dane dotyczące wartości czasu reakcji dotyczą sytuacji, gdy realizowany był w badaniach wyłącznie manewr hamowania. Wynikało to z przyjętej metodyki badań – na przykład zaproponowana przez H. Burga [1] koncepcja badań z udziałem dwóch samochodów, powtarzana później przez wielu badaczy. Badania były tak organizowane, że zakładały wyłącznie możliwość hamowania, albo jeśli nawet badany kierowca wykonywał jakieś ruchy kierownicą, to nie były one rejestrowane. Czujniki były instalowane wyłącznie na pedale hamulca (czasem dodatkowo na pedale gazu), co pozwalało rejestrować wyłącznie reakcję związaną z hamowaniem. Gdy inicjowano te badania (najwięcej ich przypada na lata osiemdziesiąte dwudziestego wieku) działanie takie było jak najbardziej racjonalne. Zdecydowana większość samochodów nie była wówczas

¹ Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: stanczyk@tu.kielce.pl, tel. 41 342 43 36

² Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: rjurecki@tu.kielce.pl, tel. 41 342 42 85

wyposażona w system ABS, a więc kierowca był uczony, że w sytuacji krytycznej, gdy naciska z całą siłą na pedał hamulca aby uniknąć wypadku, nie może wykonywać żadnych ruchów kierownicą, bo grozi to utratą stateczności samochodu. Wyznaczone w ten sposób wartości czasu reakcji były cytowane w poradnikach i wykorzystywane w rekonstrukcji wypadków przez wiele lat (w zasadzie do dnia dzisiejszego).

Obecnie sytuacja zmieniła się radykalnie. Zdecydowana większość poruszających się po drogach samochodów wyposażona jest w system ABS. Już tylko coraz mniej liczne najstarsze modele nie posiadają tego systemu. Zdecydowana większość kierowców wie, że poruszając się pojazdem wyposażonym w ABS, w sytuacji krytycznej, bardzo mocno naciskając na pedał hamulca roboczego, może jednocześnie omijać przeszkodę aby uniknąć zderzenia. Oznacza to że można łączyć oba manewry jednocześnie bez znaczącego ryzyka utraty stateczności. Z punktu widzenia szans uniknięcia zderzenia jest to oczywiście bardzo korzystne. Jednak kierowca staje przed koniecznością podjęcia decyzji: czy realizować oba te manewry obronne? Jeśli tak, to w jakiej kolejności i w jaki sposób (z jaką intensywnością)?

Badania dotyczące zachowań kierowców w sytuacjach krytycznych powinny dawać odpowiedź, jaki decyzje podejmują kierowcy w takich sytuacjach i jak wpływa to na wartości czasu reakcji. Zatem badania muszą być tak zorganizowane, żeby dopuszczały możliwość wykonywania obu tych manewrów obronnych i żeby umożliwiały rejestrowanie wszystkich działań badanych kierowców.

2. Charakterystyka przeprowadzanych eksperymentów

Badania przeprowadzono na torze samochodowym (rzeczywisty samochód – symulowana sytuacja zagrożenia). Formułując koncepcję badań posłużono się pojęciem czasu do zderzenia, określanym skrótem TTC (time to collision). Jest to czas, którym dysponuje kierowca od momentu zauważenia przeszkody do ewentualnego zderzenia z nią i może on być wykorzystany przez kierowcę na realizację działań obronnych. We wcześniejszych pracach autorów [2], [3], [4], czas ten określany był, jako „czas ryzyka”. W pracach tych wykazano, że wartości czasu reakcji uzyskiwane zarówno podczas badań na torze, jak i w symulatorze, zależą bardzo wyraźnie od wartości czasu TTC. Oznacza to, że kierowca oceniając sytuację nie kieruje się z osobna ani prędkością jazdy, ani odległością od przeszkody, lecz ma świadomość czasu jakim dysponuje na podjęcie decyzji i zareagowanie.

W literaturze polskiej dotyczącej analizy wypadków pojęcie czasu TTC, ani jego odpowiedniki nie występują. W publikacjach zachodnich pojawia się w ostatnich latach dosyć często, jednak można go odnaleźć głównie w publikacjach dotyczących tworzenia systemów asystenckich unikania wypadków, np. [5], [6], [7], a nie w publikacjach związanych z rekonstrukcją wypadków. Aby przybliżyć to pojęcie i uzasadnić przyjęty w badaniach zakres zmienności TTC, na rysunku 1 przedstawiono zależność czasu zatrzymania samochodu t_z (równanie 1) w funkcji czasu TTC.

$$t_z = t_r + t_o + \frac{1}{2}t_n + t_h \quad (1)$$

gdzie:

t_z - czas zatrzymania pojazdu,

t_r - czas reakcji psychomotorycznej kierowcy,

t_o - czas zwłoki zadziałania hamulców,

t_n - czas narastania opóźnienia hamowania,

t_h - czas hamowania,

Jako oszacowanie wartości czasu reakcji t_r wykorzystano wyniki badań własnych dla dwóch symulowanych sytuacji wypadkowych realizowanych w ściśle określony sposób (sytuacje te nazywane są dalej scenariuszami), dla których uzyskano odpowiednio największe i najmniejsze średnie wartości czasu t_r [8], [9], [10]. Największe średnie wartości czasu reakcji uzyskane dla „scenariusza 1”, w którym kierowcy reagowali na 2 przeszkody, określone są zależnością [11]:

$$t_r = 0,197 \cdot TTC + 0,713, \quad (2)$$

Najmniejsze wartości czasu reakcji, uzyskano dla „scenariusza 3”, w którym występowała tylko jedna przeszkoda w postaci samochodu ciężarowego, określone następująco:

$$t_r = 0,157 \cdot TTC + 0,181 \quad (3)$$

Dla łącznej wartości czasu $t_o + \frac{1}{2}t_n$ przyjęto wartość 0,3s. W pracy [12] podawana jest łączna wartość tego czasu $0,2 \div 0,4$ s. Wartość czasu hamowania t_h oszacowano posługując się równaniem (4):

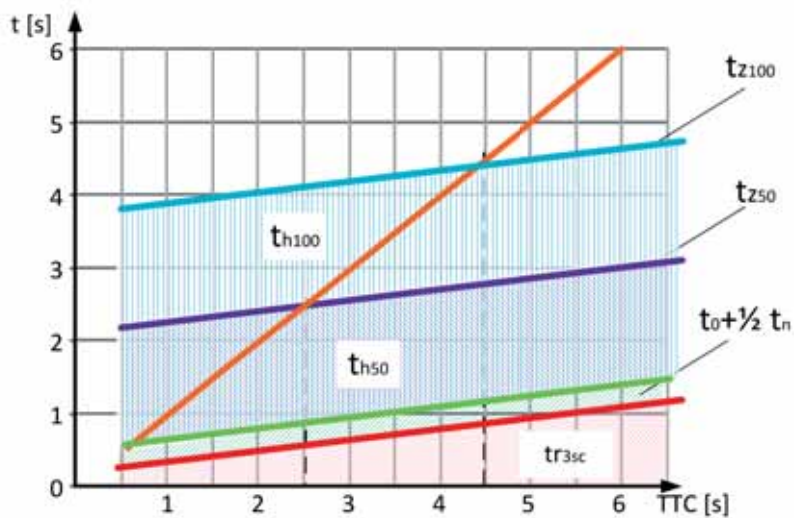
$$t_h = \frac{v_p}{a_h} \quad (4)$$

W prezentowanym przykładzie obliczeniowym przyjęto wartość opóźnienia hamowania pojazdu $a_h = 8,5 \text{ m/s}^2$ oraz dwie wartości prędkości początkowej $v_p = 50 \text{ km/h}$ oraz $v_p = 100 \text{ km/h}$. Dla tych wartości otrzymano wartości czasu hamowania t_h równe odpowiednio: 1,63 s i 3,26 s.

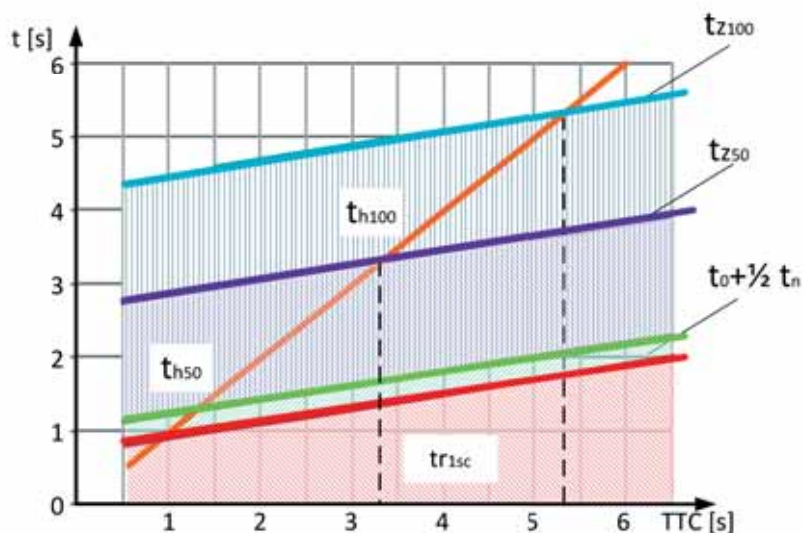
Na wykresie z rysunku 1a pokazano czas zatrzymania dla najmniejszych wartości czasu reakcji („scenariusz 3”), a na rysunku 1b - dla największych wartości czasu reakcji („scenariusz 1”). Na rysunkach zaznaczono ponadto linię będącą graficzną interpretacją równania (5):

$$t_z = TTC \quad (5)$$

a).



b).



Rys. 1. Porównanie czasu zatrzymania samochodu i czasu TTC; oznaczenia:

t_{r3sc} - czas reakcji w „scenariuszu 3”, t_{r1sc} - czas reakcji w „scenariuszu 1”,
 t_{h50} - czas hamowania z prędkości 50 km/h, t_{h100} - czas hamowania z prędkości 100 km/h,
 t_{z50} - czas zatrzymania z prędkości 50 km/h, t_{z100} - czas zatrzymania z prędkości 100 km/h

Dla różnych wartości czasu zatrzymania t_z występują dwa możliwe przypadki zakończenia nagłej sytuacji drogowej. Przypadek kiedy $t_z \leq \text{TTC}$ oznacza, że do zderzenia nie dochodzi, zaś kiedy $t_z > \text{TTC}$ zdarzenie drogowe kończy się zderzeniem. Graniczne wartości czasu TTC, poniżej których zderzenie jest nieuchronne, odczytane z wykresów umieszczonych na rys. 1 zestawiono w tabeli 1.

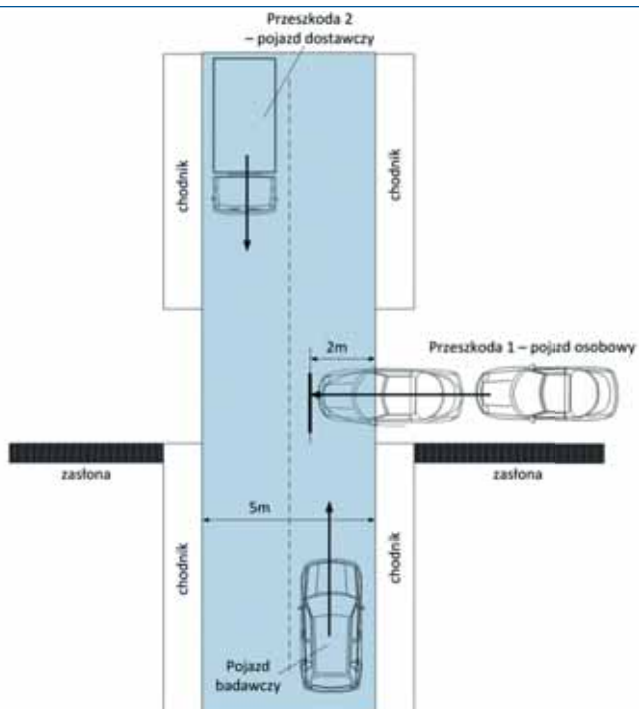
Tabela 1. Graniczne wartości czasu TTC, poniżej których zderzenie jest nieuchronne

	Hamowanie z prędkości początkowej v_p	
	50 km/h	100 km/h
Scenariusz 1 (bardziej złożony)	3,29 s	5,32 s
Scenariusz 3 (prostszy)	2,50 s	4,44 s

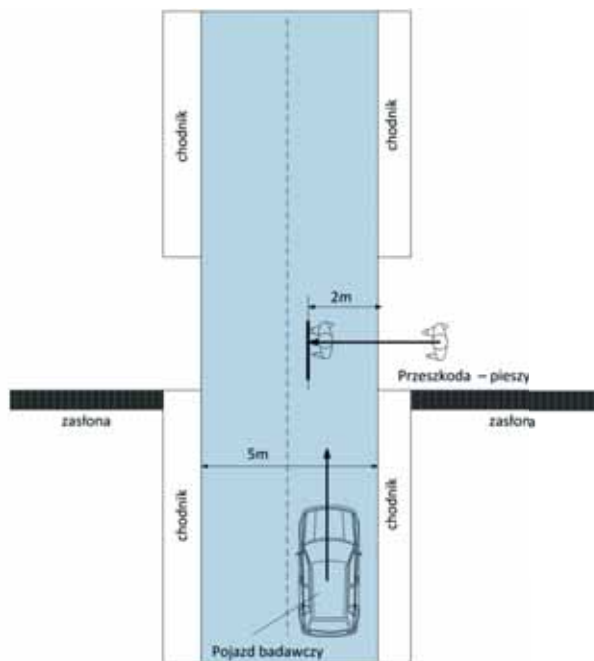
W prezentowanych przypadkach zderzenie byłoby nieuchronne, gdyby kierowca wyłączył hamował, zachowując kierunek jazdy na wprost (np. gdy brak miejsca uniemożliwia ominięcie przeszkody). W bardzo wielu przypadkach, kierowca aby uniknąć zderzenia nie musi zmniejszyć prędkości do zera przed przeszkodą, lecz zmniejszyć prędkość do wartości, przy której wykonanie manewru omijania jest bezpieczne. W samochodach wyposażonych w system ABS można jednocześnie realizować manewr hamowania oraz omijania. W samochodach bez ABS-u, bardziej doświadczeni kierowcy potrafią hamując zmniejszyć prędkość do takiej wartości, przy której w końcowej fazie manewru starają się ominąć przeszkodę (już nie hamując). Uwzględniając możliwość wykonywania obu manewrów obronnych, wartości czasu TTC, przy których zderzenie jest nieuchronne można więc zmniejszyć o ok. 1 s (oznacza to wyhamowanie nie do prędkości zero tylko do ok. 30 km/h).

Tak oszacowane wartości były przesłanką do przyjęcia maksymalnej wartości czasu TTC realizowanego w badaniach. Ostatecznie badania przeprowadzono dla sytuacji scharakteryzowanych 17 wartościami czasu TTC z przedziału 0,5 ÷ 3,6 s.

Problem hamowania podczas omijania przeszkody przeanalizowany zostanie na przykładzie wyników badań trzech scenariuszy sytuacji wypadkowych. W „scenariuszu 1” (wspomnianym już wcześniej) samochód osobowy wjeżdżał prostopadle na skrzyżowanie ulic z prawej strony, podczas gdy na lewym pasie, z naprzeciwka, w kierunku badanego poruszał się inny samochód. W następnym analizowanym scenariuszu (nazwanym jako „scenariusz 2”) dorosły pieszy wchodził prostopadle na jezdnię (na prawy pas ruchu). W każdym z tych scenariuszy badaniom poddano stu kierowców. Bardziej szczegółowo scenariusze oraz sposób prowadzenia badań opisane zostały w pracach [10] i [13].

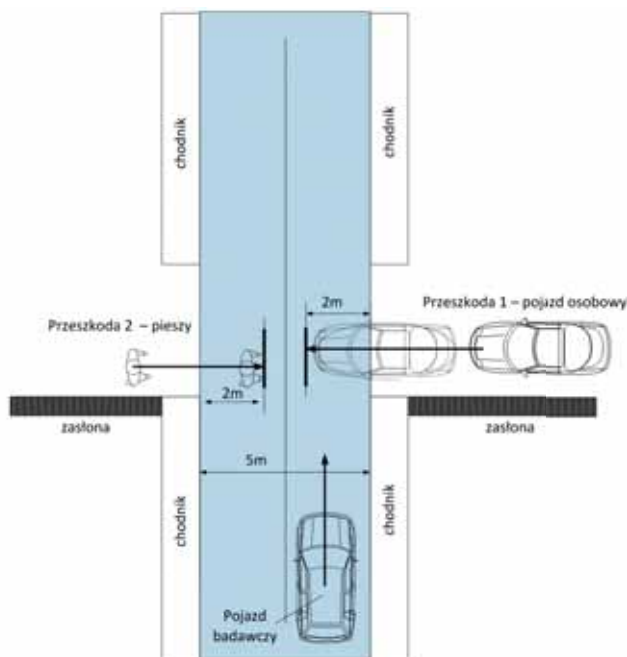


Rys. 2. Schemat realizacji „scenariusza 1” badań



Rys. 3. Schemat realizacji „scenariusza 2” badań

Ostatnim scenariuszem analizowanym w niniejszej pracy był najpóźniej realizowany „scenariusz 5”. W tym przypadku, podobnie jak w 1-szym scenariuszu pojawiały się dwie przeszkody. Były to: samochód „wjeżdżający” na skrzyżowanie z prawej strony oraz pieszy wchodzący na jezdnię z lewej strony. W tym przypadku przebadano 30 kierowców, z których każdy realizował 10 prób scharakteryzowanych wartościami czasu TTC z przedziału $0,6 \div 3,0s$. Schemat realizacji tego scenariusza pokazany jest na rysunku 4. Bardziej szczegółowy opis badań realizowanych według tego scenariusza przedstawiony jest w pracy [14].

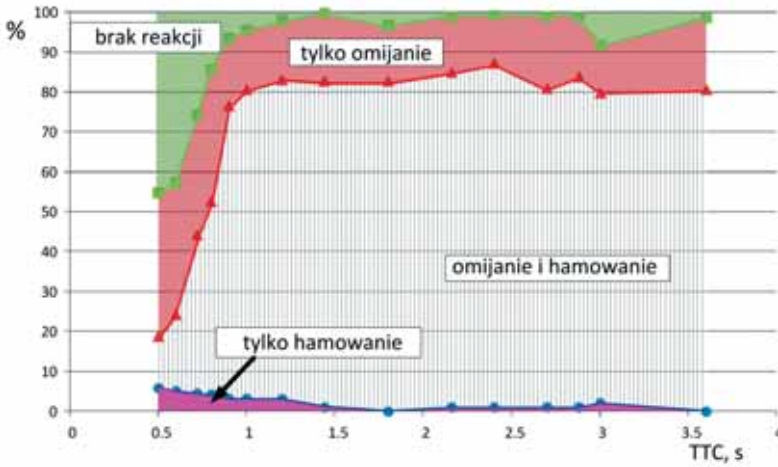


Rys. 4. Schemat realizacji „scenariusza 5” badań

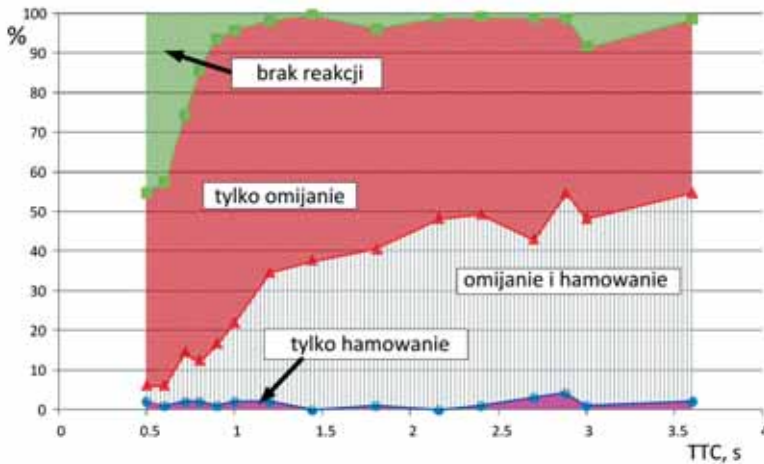
3. Analiza sposobu działania kierowców w sytuacjach krytycznych

Wspólną cechą opisywanych tu badań, było to, że kierowcom nie narzucano sposobu reagowania na zaistniałą sytuację zagrożenia wypadkowego. W każdym scenariuszu i w każdej próbie, w zależności od indywidualnej oceny sytuacji oraz posiadanego doświadczenia, kierowcy sami decydowali, jak chcą zareagować. Ich zadanie było sformułowane ogólnie: mają dążyć do uniknięcia zderzenia z przeszkodami. Okazało się, że zdecydowanie najczęściej łączyli zmniejszanie prędkości z manewrem omijania, chociaż bywały przypadki, gdy kierowcy (np. w próbach o dużej wartości czasu TTC) próbowali omijać przeszkody, nie hamując. Bywały także przypadki, gdy kierowcy wybierali wyłącznie

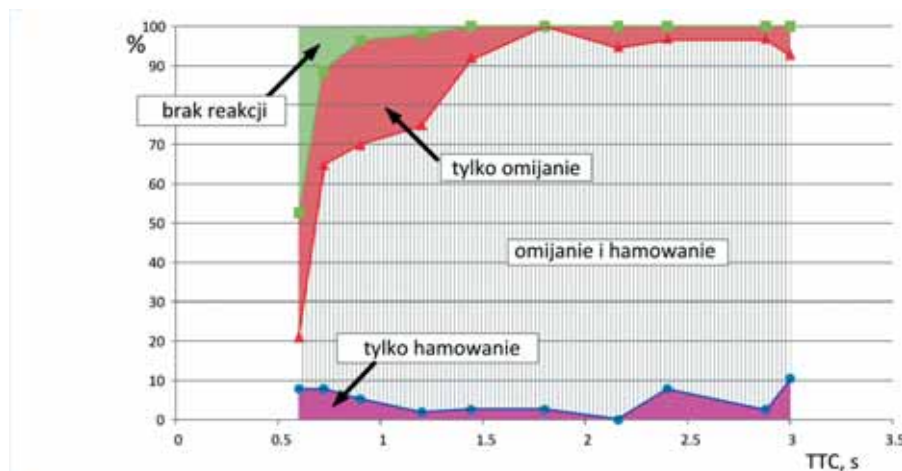
hamowanie jako manewr obronny. Na rysunkach 5, 6 i 7 pokazano udział poszczególnych decyzji (w funkcji czasu TTC) dla omawianych scenariuszy.



Rys. 5. Struktura podejmowanych przez kierowców decyzji dla „scenariusza 1” badań



Rys. 6. Struktura podejmowanych przez kierowców decyzji dla „scenariusza 2” badań



Rys. 7. Struktura podejmowanych przez kierowców decyzji dla „scenariusza 5” badań

W większości publikacji z zakresu rekonstrukcji wypadków podawane są głównie wartości czasu reakcji przy hamowaniu. Również w przeprowadzanych analizach przebiegu wypadków, jako manewr obronny uwzględniane jest wyłącznie hamowanie. Pokazana na rysunkach 5, 6 i 7 struktura podejmowanych decyzji świadczy o tym, że wbrew powszechnym przekonaniom, wyłącznie manewr hamowania wybierała bardzo mała liczba kierowców.

Znacznie częściej realizowany był manewr omijania (połączony z hamowaniem, bądź jako wyłącznie realizowany manewr obronny). Znamienne jest, że w „scenariuszach 1 i 5”, w których pojawiały się dwie przeszkody, zdecydowana większość badanych kierowców realizowała zarówno manewr hamowania, jak i omijania przeszkody, przy czym w zakresie wartości czasu TTC > 1 (1,4) s udział tych kierowców przekraczał nawet 80%.

Dla scenariusza 2, najłatwiejszego spośród prezentowanych, poza największymi wartościami czasu TTC, częściej podejmowane było wyłącznie omijanie przeszkody, niż omijanie połączone z hamowaniem.

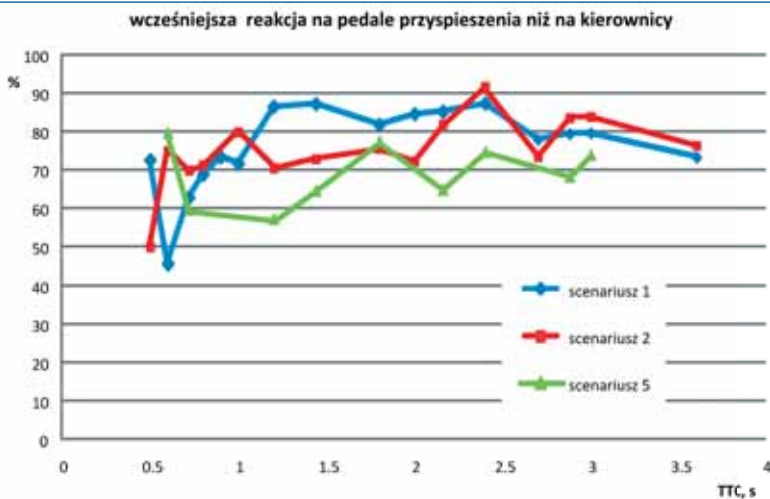
Warto również zwrócić uwagę na próby o najmniejszych wartościach czasu TTC. W tych próbach stosunkowo szerokie jest na wykresach pole określone jako „brak reakcji”. Dla czasu TTC o wartościach 0,5 i 0,6 s odsetek kierowców którzy nie zdążyli zareagować zbliżał się do 50%.

Przy tak znaczącym udziale jednoczesnego wykonywania manewrów hamowania i omijania, należy przyrzeć się bliżej, jak te manewry były realizowane. Czy najpierw kierowca hamował utrzymując kierunek jazdy (nie działając na kierownicę), a dopiero po pewnym zmniejszeniu prędkości wykonywał manewr omijania? A może, najpierw łagodnie reagował kierownicą i dopiero po odchyleniu toru jazdy rozpoczynał hamowanie? Na rysunku 8 pokazano udział kierowców, którzy w badaniach (w poszczególnych próbach) wybierali pierwszy z powyższych wariantów, czyli wcześniej rozpoczynali hamowanie niż omijanie.



Rys. 8. Udział kierowców rozpoczynających wcześniej hamowanie niż omijanie, dla trzech analizowanych scenariuszy badań

Okazuje się, że udział tak reagujących kierowców był zbliżony dla wszystkich trzech scenariuszy, a ponadto był zdecydowanie mniejszy niż udział kierowców wybierających odwrotną sekwencję działań. W całym zakresie badanych wartości czasu TTC ważył się od ok. 0 do ok. 50%, przy czym dla czasu TTC do 2 s zawierał się w przedziale od 0 do ok. 30%, a dla TTC większych niż dwie sekundy pojawiła się wyraźna tendencja wzrostowa. Dla największych wartości TTC udział ten ważył się od ok. 20% do 50%. Warto zwrócić uwagę na fakt, że w żadnym przypadku (w żadnym scenariuszu i dla żadnej wartości TTC) udział ten nie przekroczył 50%.



Rys. 9. Udział kierowców, dla których wcześniej zarejestrowana była reakcja na pedale przyspieszenia (zdjęcie nogi z tego pedału) niż na kierownicy

Dla zrozumienia sposobu działania większości kierowców bardzo przydatna jest informacja zawarta na rysunku 9, pokazującym udział kierowców, dla których najpierw zarejestrowana była reakcja na pedale przyspieszenia (zdjęcie nogi z tego pedału), a dopiero potem reakcja na kierownicy.

Poprzedni wykres pokazywał, że dla większości badanych kierowców najpierw rejestrowana była reakcja na kierownicy, a dopiero potem reakcja na pedale hamulca. Rysunek 9 pokazuje, że dla większości kierowców jeszcze wcześniej niż reakcja na kierownicy zarejestrowana była reakcja na pedale przyspieszenia. Dla prób o wartościach TTC większych od 1,5 s ok. 60% do 90% kierowców realizowało taką kolejność działań.

Łącząc informacje pokazane na rysunkach 8 i 9 można zatem stwierdzić, że większość kierowców w całym analizowanym zakresie czasu TTC realizowała następującą sekwencję działań: zdjęcie nogi z pedału przyspieszenia, następnie reakcja kierownicą (odchylenie toru jazdy) i dopiero potem rozpoczęcie manewru hamowania.

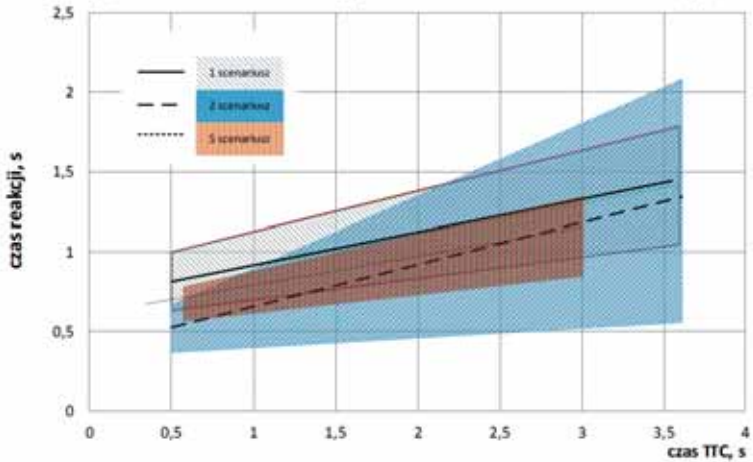
Mniejsza liczba kierowców wykonywała te manewry w innej kolejności, albo wybierała realizację wyłącznie jednego manewru obronnego (wyjątkiem jest tu bardzo duży udział manewru omijania w scenariuszu 2).

4. Wartości czasu reakcji kierowców w złożonej sytuacji drogowej

Określenie „złożona sytuacja drogowa” jest używane w tej pracy w tym znaczeniu, że badany kierowca ma możliwość wyboru manewru obronnego. Sam subiektywnie decyduje: czy wyłącznie hamować, czy omijać przeszkodę czy zastosować oba manewry obronne jednocześnie. Jest to istotny wyróżnik prezentowanych badań, bo w większości eksperymentów, których celem było wyznaczanie wartości czasów reakcji kierowców, badania były tak organizowane tak, że hamowanie było jedyną możliwą (lub jedyną rejestrowaną) reakcją kierowcy. Autorzy również przeprowadzili taki eksperyment. Gdy kierowca nie musiał oceniać sytuacji i dokonywać wyboru sposobu działania, uzyskiwane wartości czasu reakcji były zdecydowanie mniejsze niż w eksperymentach uwzględniających wybór sposobu działania – patrz np. wyniki podane w pracy [11].

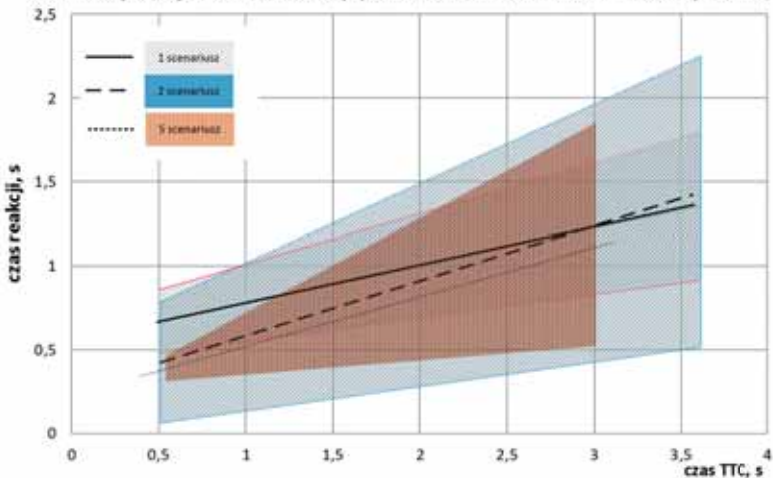
Gdy kierowca musi wybierać sposób działania, to wartości czasu reakcji są nie tylko większe, ale również ich średnie wartości różnią się w zależności od złożoności sytuacji. Złożoność sytuacji ma także wpływ na rozproszenie uzyskiwanych wartości. Na rysunkach 10 i 11 pokazana wartości średnie czasu reakcji przy hamowaniu i skręcie (omijaniu), oraz będące miarą rozproszenia wyników kwantyle. Na rysunkach pokazane są kwantyle 0,1 i 0,9, które ograniczają obszar pokrywający 80% uzyskanych wyników.

Czas reakcji „hamulec” dla 3 scenariuszy, porównanie wartości średnich i kwantyli 0,1 i 0,9



Rys. 10. Wartości czasu reakcji dla hamowania hamulcem roboczym, dla scenariuszy 1, 2 i 5 (średnie i kwantyle 0,10 i 0,90).

Czas reakcji „skręt” dla 3 scenariuszy, porównanie wartości średnich i kwantyli 0,1 i 0,9



Rys. 11. Wartości czasu reakcji dla manewru skrętu (omijania), dla scenariuszy 1, 2 i 5 (średnie i kwantyle 0,10 i 0,90).

Pokazane na wykresach zależności wartości średnich oraz kwantyli od czasu TTC zostały aproksymowane zależnościami liniowymi. Aby umożliwić wykorzystanie prezentowanych tu wyników badań w analizie wypadków, w tabelach 2 i 3 podano równania linii pokazanych na rysunkach 10 i 11.

Tabela 2. Równania linii dla czasu reakcji podczas hamowania hamulcem roboczym (wartości średnie i kwantyle)

	1 scenariusz	2 scenariusz	5 scenariusz
Średnia	$y = 0,197x + 0,713$	$y = 0,261x + 0,374$	$y = 0,165x + 0,563$
Kwantyl 0,10	$y = 0,138x + 0,556$	$y = 0,066x + 0,317$	$y = 0,120x + 0,469$
Kwantyl 0,90	$y = 0,256x + 0,869$	$y = 0,455x + 0,434$	$y = 0,236 + 0,637$

Tabela 3. Równania linii dla czasu reakcji podczas manewru skrętu (wartości średnie i kwantyle).

	1 scenariusz	2 scenariusz	5 scenariusz
Średnia	$y = 0,222x + 0,556$	$y = 0,321x + 0,258$	$y = 0,285x + 0,239$
Kwantyl 0,10	$y = 0,141x + 0,406$	$y = 0,153x - 0,036$	$y = 0,087x + 0,273$
Kwantyl 0,90	$y = 0,303x + 0,705$	$y = 0,489x + 0,552$	$y = 0,591x + 0,122$

5. Podsumowanie

Przedstawiona w pracy analiza sposobu reagowania kierowców w sytuacjach drogowych, w których dla uniknięcia wypadku możliwe jest jednoczesne podejmowanie zarówno manewru hamowania, jak i omijania pozwala sformułować kilka interesujących wniosków.

Jako najbardziej znaczący należy uznać wniosek, że w takiej sytuacji drogowej kierowcy bardzo rzadko wybierali wyłącznie hamowanie, jako jedyny manewr obronny, podczas gdy w analizach wypadków takie właśnie podejście dominuje.

Zdecydowanie najczęściej podejmowane było działanie polegające na łączeniu obu manewrów obronnych – hamowania i omijania, przy czym udział tak reagujących kierowców, szczególnie w scenariuszach, w których pojawiały się dwie przeszkody w zakresie wartości czasu TTC > 1 (1,4) s przekraczał nawet 80%.

Bliższa analiza sposobu realizacji połączenia obu manewrów wykazała, że najczęściej realizowaną sekwencją działań mających zapewnić uniknięcie zderzenia było: zdjęcie nogi z pedału przyspieszenia, następnie reakcja kierownicą (odchylenie toru jazdy) i dopiero potem rozpoczęcie manewru hamowania. Mniejsza liczba kierowców wykonywała te manewry w innej kolejności, albo wybierała realizację wyłącznie jednego manewru obronnego.

W pracy podano uzyskane wartości czasu reakcji przy hamowaniu i przy skręcie (omijaniu) dla sytuacji drogowych, w których kierowcy mogli podejmować jeden z omawianych manewrów obronnych lub obydwa. Zarówno wartości średnie jak i pokazane na wykresach kwantyle zależą od rodzaju sytuacji drogowej (jej złożoności), jak i stopnia zagrożenia, którego dobrą miarą jest czas do potencjalnego zderzenia z przeszkodą, czyli czas TTC.

Literatura

- [1] BURCKHARDT M., BURG H., NÄUMANN E., SCHIEMANN G.: *Die Brems-Reaktionsdauer von Pkw-Fahrer*. Der Verkehrsunfall, Nr 12/1981, ss. 224-235.
- [2] JURECKI R.S., STAŃCZYK T.L.: *Driver model for the analysis of pre-accident situations*. Vehicle System Dynamics, Vol. 47, Issue 5 May 2009, ss. 589-612.
- [3] STAŃCZYK T.L., JURECKI R.S.: *Fahrerreaktionszeiten in Unfallrisikosituationen – neue Fahrbahn- und Fahr Simulatorversuche*. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik. 7-8/2008, ss. 235 – 246.
- [4] STAŃCZYK T. L., JURECKI R.: *Czasy reakcji kierowców w stanach zagrożenia wypadkowego*. Materiały III Konferencji "Rozwój techniki samochodowej a ubezpieczenia komunikacyjne", Wyd. WSB im. J.Chrapka. Radom, 2006, 321-348.
- [5] HILLENBRAND J.: *Fahrerassistenz zur Kollisionsvermeidung*. PhD thesis. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik Nr 669, 2008.
- [6] FRÖMING R.: *Assessment of integrated pedestrian protection systems*. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12: Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik Nr 681, 2008.
- [7] JANSSON J., JOHANSSON J., GUSTAFSSON F.: *Decision making for collision avoidance systems*. SAE Paper 2002-01-0403.
- [8] STAŃCZYK T.L., JURECKI R.S., PIENIAŻEK W., JAŚKIEWICZ M., KAREDAŁ M.P., WOLAK S.: *Badania reakcji kierowców na pojazd wyjeżdżający z prawej strony, realizowane na torze samochodowym*. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej. 1(77)/2010, ss. 307-319.
- [9] STAŃCZYK T.L., JURECKI R.S., ZUSKA A., WALCZAK S., MANIOWSKI M.: *On-the-track study of the driver's reaction to the big lorry entering the crossroads from the right side with limited visibility*. Monografia. Problems of Maintenance of Sustainable Technological Systems. Monografie Zespołu Systemów Eksploatacji PAN, Komitet Budowy Maszyn, Sekcja Podstaw Eksploatacji. Warszawa, 2012, ss. 140-151.
- [10] STAŃCZYK T.L.: *Działania kierowcy w sytuacjach krytycznych*. Badania eksperymentalne i modelowe. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2013.
- [11] STAŃCZYK T.L., JURECKI R.: *Wpływ złożoności sytuacji i stopnia zagrożenia na sposób reagowania kierowców*. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej. 5(96)/2013, ss. 5-19.
- [12] PROCHOWSKI L.: *Pojazdy samochodowe. Mechanika ruchu*. WKŁ, Warszawa, 2005.
- [13] STAŃCZYK T. L., ŁOZIA Z., PIENIAŻEK W., JURECKI R.: *Badania reakcji kierowców w symulowanych sytuacjach wypadkowych*. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej. 1(77)/2010. Warszawa, 2010. ss. 27-52.
- [14] JURECKI, R. S.; STAŃCZYK, T. L.; JAŚKIEWICZ, M.: *Driver's reaction time in a simulated, complex road incident*, Transport, 2014, iFirst: ss. 1-12, <http://dx.doi.org/doi:10.3846/16484142.2014.913535>.