

Dr hab. inż. Cezary Rzymkowski  
Politechnika Warszawska  
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa  
Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej  
ul. Nowowiejska 24, 00-665 Warszawa

Warszawa, 30 maja 2016 roku

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Budziszewskiego**  
**pt. *Badanie i modelowanie układu kierowca – samochód w sytuacji wypadku***  
***drogowego***

wykonana na zlecenie  
Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego,  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

**Uwagi ogólne**

Obserwowany w drugiej połowie XX wieku intensywny rozwój systemów bezpieczeństwa biernego<sup>1</sup> pojazdów samochodowych (pasy bezpieczeństwa, poduszki gazowe, bezpieczne kolumny kierownicy, konstrukcje przewidujące strefy zgniotu i bezpieczne/możliwie odporne na odkształcenia kabiny itp.) doprowadził do znacznego ograniczenia rezerw w zakresie dalszej poprawy bezpieczeństwa użytkowników samochodów przy wykorzystaniu tylko systemów biernych.

Ostatnie lata wieku XX i wiek XXI to intensywny rozwój systemów aktywnych (bezpieczeństwo czynne). Za pierwsze istotnie ważne rozwiązanie aktywne, mające na celu zmniejszenie liczby wypadków samochodowych, można uznać (znany znacznie wcześniej w lotnictwie) system ABS, wprowadzony do seryjnie produkowanych samochodów na początku lat siedemdziesiątych XX wieku. System ten bazował na dość prostych czujnikach i mało skomplikowanym algorytmie sterowania. Rozwój technologiczny w zakresie możliwości pomiarowych i technik komputerowych, jaki nastąpił od tego czasu, pozwala dzisiaj na wprowadzanie znacznie bardziej efektywnych rozwiązań. W wieku XXI podkreśla się znaczenie „bezpieczeństwa zintegrowanego” – zakłada się konieczność efektywnego wzajemnie skoordynowanego działania systemów aktywnych i pasywnych, a także szybkiej i skutecznej pomocy medycznej ofiarom wypadku (np. wykorzystujące łączność satelitarną systemy automatycznego powiadamiania o wypadkach).

Ponieważ najlepszym rozwiązaniem jest uniknięcie wypadku, stąd do rozwoju systemów aktywnych przywiązuje się bardzo dużą wagę a praca Autora, której przedmiotem jest analiza zachowania się kierowcy/podejmowanie przez kierowcę działań w sytuacji zagrożenia wypadkiem, wpisuje się w pełni w tę problematykę.

---

<sup>1</sup> Zadaniem systemów bezpieczeństwa biernego jest minimalizowanie skutków zaistniałego wypadku; zadaniem systemów bezpieczeństwa czynnego jest zapobieganie wypadkom lub przynajmniej ograniczanie obciążeń jakie wypadkom towarzyszą (np. automatyczne zatrzymanie pojazdu przed przechodniem, który pojawił się na jezdni lub – jeżeli pojazd nie zdąży się całkowicie zatrzymać – istotne ograniczenie prędkości/siły uderzenia).

## Treść i ocena rozprawy

Celem pracy było „opracowanie modeli matematycznych opisujących działanie człowieka – operatora w układzie kierowca – samochód w sytuacjach zagrożenia wypadkiem”.

Tezę pracy Doktorant sformułował w następujący sposób:

„Wyznaczone na podstawie wyników badań doświadczalnych modele matematyczne umożliwią przewidywanie działania kierowcy zawodowego i/lub kierowcy amatora w sytuacjach zagrożenia wypadkiem oraz będą przydatne przy budowie systemów bezpieczeństwa czynnego samochodów”.

Przedstawiona na 91 stronach rozprawa składa się z 8 rozdziałów, liczącego 59 pozycji spisu piśmiennictwa i 5 załączników.

W wstępie (**rozdział pierwszy**) Autor podkreśla, na podstawie dostępnych danych statystycznych i opracowań zbiorczych, fakt istotnego udziału zachowania kierujących pojazdami, wśród wszystkich przyczyn wypadków drogowych, jak również różnice w zachowaniu kierowców zawodowych i amatorów podczas prowadzenia pojazdów.

**Rozdział drugi** poświęcony jest przeglądowi stanu badań z zakresu związanego z tematyką rozprawy, w szczególności z badaniem i modelowaniem układów człowiek – pojazd. Doktorant omawia kolejno takie zagadnienia jak:

- rodzaje i wyniki badań doświadczalnych parametrów biomechanicznych człowieka w różnych sytuacjach drogowych (m.in. jazd testowych rzeczywistym pojazdem lub z wykorzystaniem mniej lub bardziej zaawansowanych symulatorów);
- modelowanie (matematyczne) działania człowieka – operatora w układzie kierowca – samochód;
- ocena predyspozycji psychicznych istotnych z punktu widzenia bezpiecznego kierowania samochodem – rola badań sprawności intelektualnej, procesów poznawczych i sprawności psychomotorycznej.

Na podstawie przeprowadzonych badań literaturowych Doktorant stwierdza, między innymi:

- „... aktualnym, nierozpoznanym w pełni problemem jest badanie parametrów opisujących działanie kierowcy w sytuacji krytycznej”;
- reakcja kierowców zawodowych i amatorów na zmieniające się warunki drogowe może być inna;
- „Dobrym, nowoczesnym narzędziem do prowadzenia takich badań jest symulator jazdy samochodem pozwalający na realistyczne odtwarzanie szerokiej gamy scenariuszy sytuacji wypadkowej i rejestrację działania kierowcy.”

Wnioski z przeprowadzonego przez Autora przeglądu stanu wiedzy w pełni uzasadniają określenie celu i tezy pracy (przedstawionych wyżej).

**Rozdział trzeci**, to zdefiniowanie celu pracy, sformułowanie tezy oraz zaprezentowanie programu badań. Zarówno cel pracy, jak też teza nie budzą wątpliwości. Podobnie, jak szczegółowo rozpisany program badań, który udało się Autorowi z powodzeniem zrealizować, co wykazał w dalszej części pracy.

Plan badań zawiera, między innymi:

- ogólne założenia dotyczące scenariusza badań wraz z uzasadnieniem kolejnych jego elementów;
- opis procedury badawczej;
- dobór/cechy badanej próbki kierowców zawodowych i amatorów, warunki wstępne jakie badani musieli spełniać;
- zagadnienia formalne wynikające z faktu udziału — jako obiekty badań — ludzi.

Rozdziały czwarty („Model człowieka-operatora”), piąty („Badania doświadczalne”), szósty („Wyniki badań doświadczalnych”) i siódmy („Opracowanie wyników badań”) stanowią główną merytoryczną część rozprawy.

W rozdziale czwartym, Doktorant przyjmuje ogólny opis układu kierowca-samochód w postaci modelu regulacyjnego, w którym zadanie sterowania obejmuje dwa sygnały (zmienne w czasie): prędkość wzdłuż osi drogi i położenie pojazdu względem osi drogi. Rozważa przy tym dwie wersje tego modelu, wykorzystywane w dalszej części pracy:

- 1) model całościowy (w literaturze anglojęzycznej: *crossover*), dla którego opis układu samochód-kierowca przedstawiony jest w postaci jednego modelu;
- 2) model (bardziej złożony, trudniejszy do identyfikacji) zawierający dwa wyodrębnione obiekty: model człowieka i samochodu.

W dalszej części rozdziału czwartego przedstawiono szczegółowe omówienie modeli kierowcy dostosowanych do wybranych, uznanych za potencjalnie niebezpieczne, czterech scenariuszy sytuacji na drodze:

- 1) sytuacji wypadkowej, w postaci nagłego wtargnięcia pieszego po jadący samochód;
- 2) dwóch wariantów podążania za uciążliwym pojazdem (z „niezdecydowanym” co do prędkości jazdy kierowcą); w wariantcie pierwszym badany kierowca powinien utrzymać optymalną odległość od poprzedzającego pojazdu, w wariantcie drugim utrzymywać prędkość pojazdu poprzedzającego;
- 3) jazda po łuku;
- 4) manewr włączenia się do ruchu (skręt w lewo) z drogi podporządkowanej.

W rozdziale piątym, opisano przebieg badań doświadczalnych<sup>2</sup>, z udziałem zakwalifikowanych do testów 60 kierowców zawodowych i 59 amatorów, przeprowadzonych zgodnie z planem sformułowanym w rozdziale trzecim, dla scenariuszy opisanych w rozdziale czwartym. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem aktywnego (na ruchomej platformie) symulatora jazdy samochodem osobowym w Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie.

W czasie badań rejestrowano przebiegi w czasie następujących wielkości:

- położenia, prędkości i przyspieszenia pojazdu kierowanego przez badanego kierowcę, jak też innych pojazdów i obiektów istotnych dla rozważanego scenariusza zdarzeń;
- położenia urządzeń sterowniczych (kierownicy, pedałów przyspieszenia, hamowania i sprzęgła, dźwigni zmiany biegów);

---

<sup>2</sup> Na które uzyskano zgodę Komisji ds. Etyki Badań Naukowych Wydziału Psychologii Uniwersytetu Warszawskiego.

- obraz wnętrza samochodu rejestrowany w podczerwieni i obraz widziany z kabiny przez kierowcę oraz obraz całego laboratorium z symulatorem i stanowiskiem sterowania symulatorem.

Poza badaniami z wykorzystaniem symulatora, każdy z kierowców został poddany wybranym testom oceniającym parametry psychofizyczne (takie jak: sprawność intelektualna, procesy poznawcze, sprawność psychomotoryczna).

łącznie zebrano ok. 1 GB danych z zapisami zarejestrowanych przebiegów w czasie wybranych wielkości oraz ok. 1TB materiału filmowego.

Opis zebranego materiału doświadczalnego jest zawarty w **rozdziale szóstym** pracy.

Bardzo szczegółowy opis wyników przeprowadzonych analiz dla poszczególnych scenariuszy rozważanych sytuacji potencjalnie niebezpiecznych oraz grup kierowców zawodowych i amatorów przedstawiono w **rozdziale siódmym**. Do opracowania zgromadzonych wyników wykorzystano metody statystyczne (co jest dość powszechne w badaniach z udziałem ludzi, ze względu na istotne różnice osobnicze, mimo starań aby badana grupa była możliwie jednorodna). Wybór metod i sposób ich wykorzystania był właściwy.

Na podstawie przeprowadzonych analiz Autor stwierdza, że badane grupy kierowców zawodowych i amatorów można uznać za jednorodne, podobnie jak można przyjąć, że wszystkim kierowcom udało się zapewnić możliwie jednakowe warunki w badanych sytuacjach, tak aby o reakcji na daną sytuację na drodze decydowały indywidualne cechy każdego z kierowców.

Wniosek ogólny — wykazano, że parametry jakości jazdy dla kierowców zawodowych były istotnie lepsze, niż w przypadku kierowców amatorów.

**Rozdział ósmy** zawiera podsumowanie uzyskanych wyników i propozycje przyszłych badań.

Uzyskane przez Doktoranta wyniki potwierdzają, że:

- cel pracy został osiągnięty a postawiona teza udowodniona;
- prawidłowo przygotowano scenariusze rozważanych sytuacji wypadkowych oraz wybrano grupy kierowców — uczestników badań;
- w porównaniu do kierowców zawodowych amatorzy uzyskali gorsze parametry jazdy w sytuacji wypadkowej — częściej doprowadzali do potrącenia pieszego, cechowała ich większa zmienność położenia pojazdu względem osi jezdni, uzyskali istotnie gorsze wyniki w zakresie refleksu oraz antycypacji czasowo-ruchowej;
- w przypadku podążania za zmieniającą prędkość pojazdem kierowców zawodowych lepiej charakteryzował wariant modelu z zadaniem utrzymania zadanej prędkości, natomiast w przypadku kierowców amatorów był to wariant z zadaniem podążania za poprzedzającym pojazdem w stałej odległości.

Recenzent zgadza się ze sformułowanymi przez Doktoranta, na podstawie zaprezentowanych wyników i ich analizy, wnioskami końcowymi:

„Wyniki te pokazały, że możliwe jest zdefiniowanie modeli opisujących reakcję kierowcy na zmieniające się warunki drogowe w sytuacji normalnej jazdy. Modele te opisane są parametrami, które można wyznaczyć w warunkach rzeczywistych lub symulacyjnych na podstawie pomiaru wielkości takich jak prędkość i odległość do poprzedzającego pojazdu. Jednocześnie, parametry opisujące te modele współwystępują z parametrami modeli opisujących sytuację wypadkową, mogą więc być wykorzystywane jako predyktory zachowań w sytuacji wypadku drogowego. Informacje takie mogą być przydatne dla projektantów systemów bezpieczeństwa czynnego samochodów, których celem jest ograniczenie skutków zderzenia z pieszym, zwłaszcza biorąc pod uwagę różnice w wynikach kierowców zawodowych i amatorów.

Kolejny wniosek, który można sformułować na podstawie wyników jest następujący: wyniki badań psychofizycznych, będąc trafnym, rzetelnym i obiektywnym wskaźnikiem sprawności kierowcy, mogą być stosowane jako predyktory zachowań w symulowanej sytuacji wypadku drogowego.”

Również sformułowane w rozdz. 8.2 propozycje dotyczące kierunków dalszych prac można uznać za słuszne.

Liczące 59 pozycji piśmiennictwo zostało dobrane prawidłowo i dobrze reprezentuje aktualny stan wiedzy w dziedzinie będącej przedmiotem recenzowanej pracy.

Całości pracy dopełnia 5 załączników, zawierających zestawienie w postaci tabelarycznej istotnych danych zebranych i wykorzystanych na potrzeby realizacji pracy, które mogą stanowić również cenne źródło informacji w przypadku prowadzenia dalszych prac, zarówno przez Autora, jak też innych badaczy.

### Podsumowanie — znaczące elementy rozprawy

Praca dotyczy istotnego zagadnienia możliwości wykorzystania analizy zachowania się kierowcy/podejmowania przez kierowcę działań w sytuacji zagrożenia wypadkiem, dla poprawy istniejących i mogących pojawić się w przyszłości aktywnych systemów bezpieczeństwa, w jakie wyposażane są samochody osobowe, co może przyczynić się do poprawy ogólnego bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego.

O wadze zagadnienia, dążenia do poprawy bezpieczeństwa na drogach, mogą świadczyć następujące liczby: w Polsce sytuacja poprawia się z roku na rok, jednak nadal rocznie ginie na naszych drogach około 3000 osób, w skali świata liczba ta przekracza milion; liczby poważnie rannych, z których część nigdy nie wraca do pełnosprawności, są kilkukrotnie większe.

Za oryginalny wkład Doktoranta, można uznać:

- zaproponowanie ogólnego modelu układu kierowca – samochód przydatnego do opisu działań kierowcy w ruchu drogowym;
- opracowanie zintegrowanej procedury zastosowania symulatora jazdy samochodem i Wiedeńskiego Systemu Testów do doświadczalnego wyznaczania parametrów typu biomechanicznego i psychofizycznego opisujących działanie grup kierowców (amatorzy, zawodowcy) w trakcie typowych sytuacji występujących w ruchu drogowym;

- wykazanie, że zaproponowana procedura może być przydatna do różnicowania grup kierowców pod względem przydatności do zawodu kierowcy; może także służyć do doskonalenia szkolenia kierowców;
- uzyskanie wartości liczbowych opisujących działanie kierowców w trakcie sytuacji zagrażających wypadkami drogowymi, które mogą być wykorzystane do projektowania komputerowo wspomaganych systemów bezpieczeństwa czynnego nowoczesnych samochodów.

Podsumowując, można stwierdzić, że **cel pracy został osiągnięty a teza udowodniona.**

Sposób sformułowania celu, przyjęcie tezy, opracowania planu badań i ich przeprowadzenia oraz analiza uzyskanych wyników i sformułowanie wniosków oraz perspektyw dalszych badań w zakresie tematyki rozprawy, świadczą o tym, że **Doktorant, mgr inż. Paweł Budziszewski, posiada umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a także ogólną wiedzę w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska.**

### **Uwagi krytyczne**

Praca napisana i zredagowana jest bardzo starannie. Recenzent nie zgłasza istotnych zastrzeżeń. Doktorant nie ustrzegł się jednak drobnych niedociągnięć, które warto byłoby usunąć, np. przed publikacją pracy w całości lub części.

Praca nie wzbudza również, ze strony recenzenta, istotnych zastrzeżeń merytorycznych. Daje się jednak odczuć brak, chociażby próby, przedstawienia rozważanych modeli w postaci matematycznej i identyfikacji parametrów. Doktorant zgromadził na tyle obszerny materiał z badań doświadczalnych, że mógł z powodzeniem taką próbę podjąć. Wyszłoby to zdecydowanie na korzyść całej pracy.

### **Wniosek końcowy**

Przedstawione uwagi krytyczne nie mają istotnego znaczenia dla mojej bardzo pozytywnej oceny rozprawy jako całości.

Doktorant zaprezentował oryginalne, nowatorskie rozwiązanie ważnego zagadnienia dotyczącego możliwości wykorzystania analizy zachowania się kierowcy/podejmowania przez kierowcę działań w sytuacji zagrożenia wypadkiem, dla poprawy istniejących i mogących pojawić się w przyszłości aktywnych systemów bezpieczeństwa, w jakie wyposażane są samochody osobowe. Wykazał się dużą sprawnością w zakresie właściwego planowania, organizacji i prowadzenia badań naukowych z wykorzystaniem badań doświadczalnych, efektywnego wykorzystania metod opracowania i analizy zabranych danych oraz prawidłowego formułowania wniosków.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz wnoszę o dopuszczenie rozprawy mgra inż. Pawła Budziszewskiego pt. *Badanie i modelowanie układu kierowca – samochód w sytuacji wypadku drogowego* do publicznej obrony.

/Cezary Rzymkowski/