

Piotr ŚWIDER, Witold GRZEGOŹEK\*

## MANEWR PODWÓJNEJ ZMIANY PASA RUCHU PRÓBA OCENY PROGRAMÓW DO REKONSTRUKCJI WYPADKÓW DROGOWYCH

### 1. WPROWADZENIE

W praktyce opiniowania wypadków drogowych bardzo często konieczna jest analiza teoretyczna manewru zmiany pasa ruchu lub podwójnej zmiany pasa ruchu, jakim jest manewr wyprzedzania. Jest to manewr niebezpieczny i wg niektórych źródeł [4] stanowi przyczynę 26% wypadków związanych z dynamiką ruchu pojazdu. Niejednokrotnie odcinek drogi, na którym manewr taki można wykonać oraz czas, jakim dysponuje kierowca może decydować o odpowiedzialności karnej lub cywilnej uczestnika zdarzenia. Biegły może w takim przypadku posłużyć się programem bądź programami, które ma do dyspozycji i określić te parametry poprzez symulację. Celem niniejszego artykułu jest wskazanie, jakiego rzędu błędów może biegły w takim przypadku oczekiwać.

### 2. OBIEKT BADAŃ

Badania drogowe przeprowadzono z wykorzystaniem popularnego samochodu osobowego o masie własnej 935 kg, obciążonego trzema osobami i aparaturą.

Do symulacji przyjęto samochód z bazy danych programów, zgodny z badanym w próbach drogowych, zakładając standardowe obciążenie czterema osobami. Masa czwartej osoby zastępowała w tym przypadku masę zastosowanej aparatury.

### 3. BADANIA DROGOWE

Badania drogowe obejmowały swoim zakresem wykonanie manewru podwójnej zmiany pasa ruchu. Przeprowadzono je na pasie lotniska zgodnie z normą ISO/TR 3888 [7], przeliczając szerokość pasów w stosunku do szerokości samochodu. W czasie badań dokonywano pomiarów następujących wielkości: prędkości podłużnej i prędkości odchylenia oraz kąta obrotu kierownicy. Do pomiarów samochód wyposażono w następującą aparaturę:

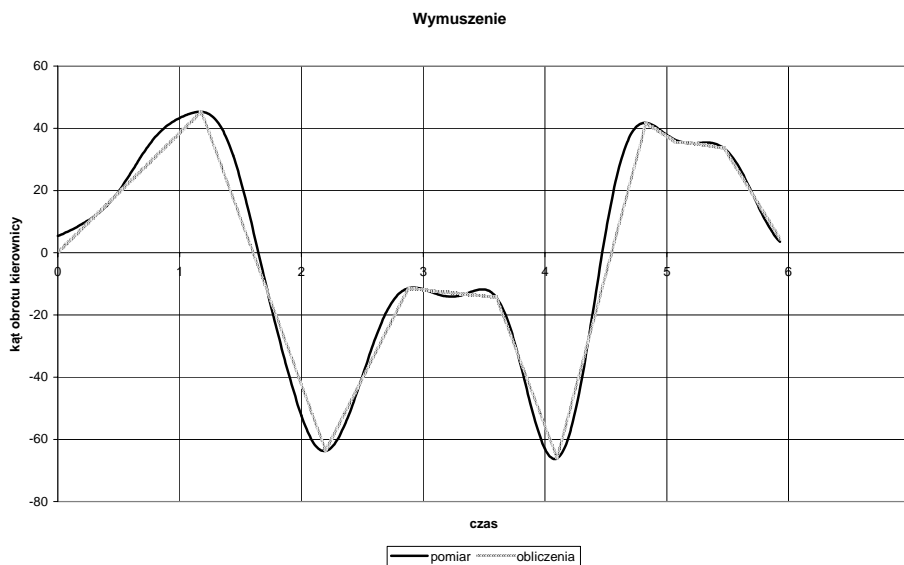
---

\* Dr inż. Piotr Świder, dr hab. inż. Witold Grzeżożek, prof. PK, Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych, Politechnika Krakowska.

Urządzenie pomiarowe	Wielkość mierzona	Zakres pomiarowy	Dopuszczalny maksymalny błąd
Głowica Correvit S-CE typu L+Q	prędkość wzdłużna	0 ÷ 97 m/s	± 0,03 m/s
	prędkość poprzeczna	0 ÷ 62 m/s	± 0,03 m/s
Żyroskop prędkościowy	kierunkowa prędkość kątowa	± 50 °/s	± 0,5 °/s
Potencjometr	kąt obrotu kierownicy	± 360 °/s	± 2° dla kątów < 180° ± 4° dla kątów > 180°

#### 4. SYMULACJE KOMPUTEROWE

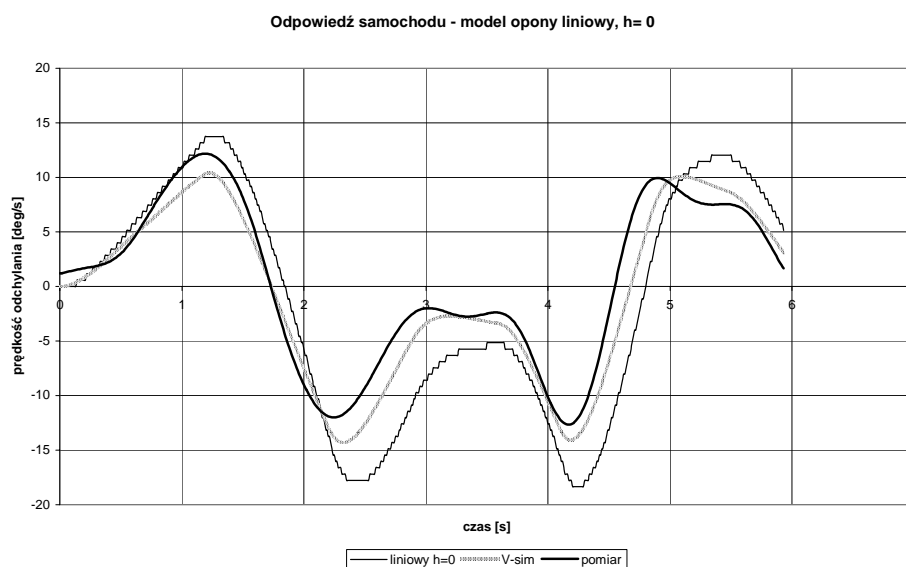
Wykonano symulację ruchu pojazdu stosując dwa najbardziej popularne w Polsce programy komputerowe [1, 3, 5], służące do symulacji ruchu i zderzeń (a w ten sposób pośrednio do rekonstrukcji wypadków drogowych). Jako wymuszenie przyjęto zmianę kąta obrotu kierownicy (w programie PC Crash, ze względu na jego interfejs, przeliczono na kąt skrętu koła wewnętrznego). Rzeczywisty kąt obrotu kierownicy zlinearyzowano odcinkami, jak na ryc. 1. Linearyzacja ta wynika z pewnych ograniczeń rozważanych programów i jest zgodna z pragmatyką postępowania biegłych. Choć program PC Crash pozwala na „automatyczne” wykonywanie manewru zmiany pasa ruchu (optymalizując skręty kół kierowanych), to tylko zadane i znane wymuszenie umożliwia ocenę odpowiedzi samochodu.



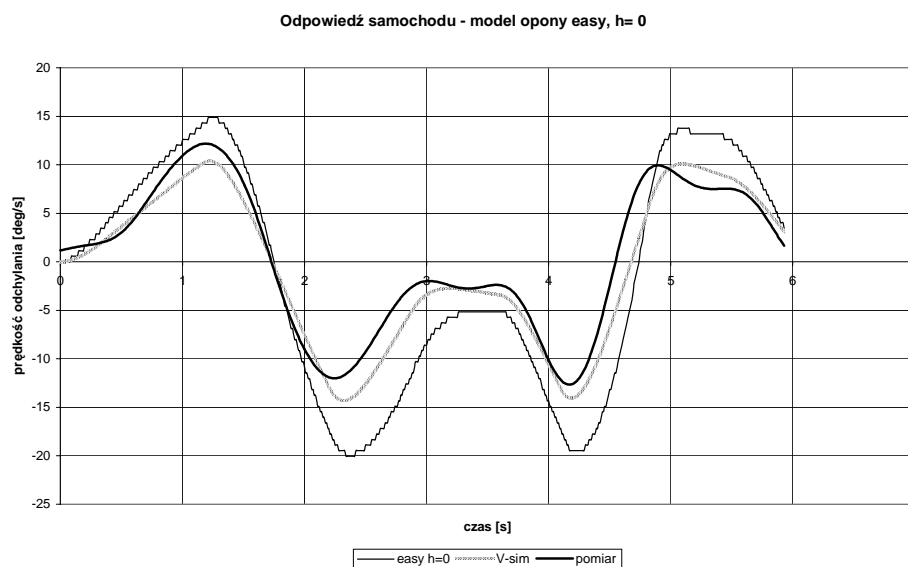
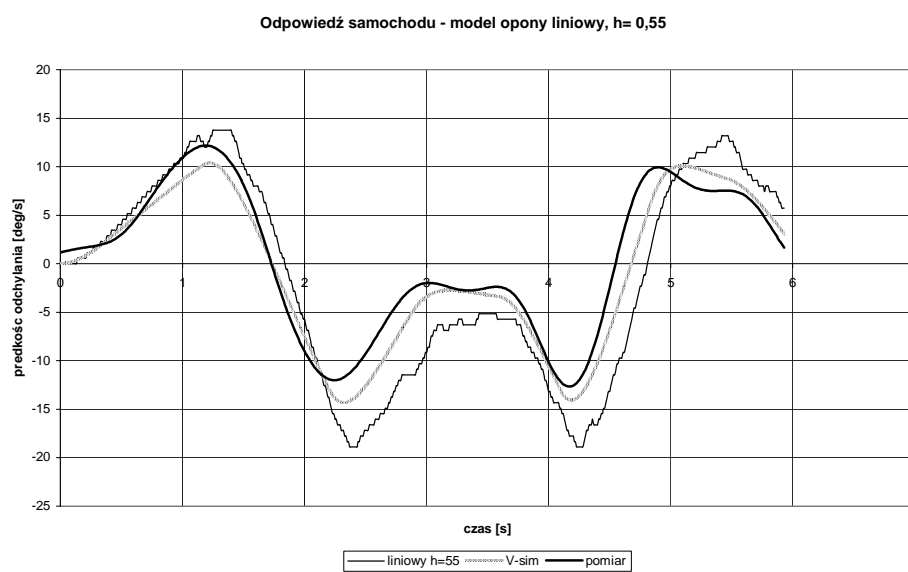
Ryc. 1. Wymuszenie skrętem kierownicą dla badań i aproksymacji zastosowanej w obliczeniach

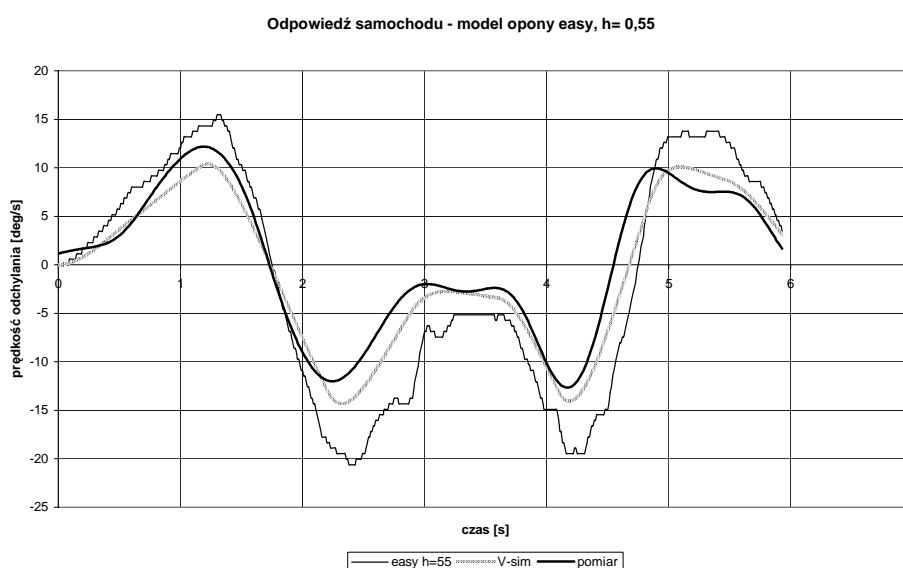
Wszystkie ustawienia były standardowe, przy czym w programie PC Crash zrealizowano obliczenia symulacyjne dla proponowanych w tym programie dwu modeli ogumienia, tzn. modelu liniowego w zakresie kąta znoszenia do  $10^\circ$  i modelu ogumienia „easy”. Przyjęto również dwa różne położenia wysokości środka mas – położenie  $h = 0$  m, często stosowane przez biegłych w realizowanych przez nich rekonstrukcjach wypadków oraz położenie wynikające z bazy danych programu V-SIM dla tego pojazdu, tzn.  $h = 0,55$  m. W programie V-SIM przyjęty model ogumienia to model Dugoffa Fenchera poprawiony przez Uffelmanna [2, 6]. Obliczenia tym programem wykonano dla przyjętego z bazy danych położenia środka masy.

Jako odpowiedź przyjęto prędkość kątową odchylenia samochodu. Na ryc. 2–5 pokazano odpowiedzi otrzymane w wyniku badań (linia gruba), wyniki symulacji przeprowadzonej programem V-SIM (linia przerywana) oraz wyniki uzyskane programem PC Crash wersja 5.11 kolejno dla: modelu liniowego opon i wysokości środka masy  $h = 0$ , modelu opon „easy” i wysokości środka masy  $h = 0$ , modelu liniowego opon i wysokości środka masy  $h = 0,55$  m oraz modelu opon „easy” i wysokości środka masy  $h = 0,55$  m.



Ryc. 2. Odpowiedź samochodu (model opon w PC Crashu liniowy, wysokość środka masy  $h = 0$ )

Ryc. 3. Odpowiedź samochodu (model opon w PC Crashu „easy”, wysokość środka masy  $h = 0$ )Ryc. 4. Odpowiedź samochodu (model opon w PC Crashu liniowy, wysokość środka masy  $h = 0,55$ )



Ryc. 5. Odpowiedź samochodu (model opon w PC Crashu „easy”, wysokość środka masy  $h = 0,55$ )

Na podstawie przedstawionych przebiegów na ryc. 2–5 można stwierdzić, że maksymalne różnice między wartościami zmierzonymi prędkości odchylenia a wartościami obliczonymi wynoszą dla programu V-SIM 2,5 deg/s, a dla programu PC-Crash są większe i osiągają nawet około 8 deg/s (ryc. 4 i 5). Mniejsze wartości różnic dla obliczeń wykonanych programem PC-Crash występują dla modelu pojazdu, w którym przyjęto wysokość położenia środka masy  $h = 0$  m. Wartość maksymalnej różnicy prędkości odchylenia zmierzonej i obliczonej dla modelu liniowego opony i  $h = 0$  m (ryc. 2) wynosi około 5 deg/s. Wartości względne maksymalnych różnic odniesione do prędkości zmierzonej wynoszą dla programu V-SIM około 21%, dla programu PC-Crash 66%, dla wysokości środka masy  $h = 0,55$  m i 42% dla  $h = 0$  m. Pojawia się również niewielkie przesunięcie czasowe występowania maksimum prędkości odchylenia, wynoszące około 0,18 s dla prędkości obliczonej programem V-SIM i około 0,25 s dla prędkości obliczonej programem PC-Crash.

## 5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza dotyczy tylko jednego z możliwych manewrów wynikających z sytuacji drogowych. Realizując symulację nie ingerowano w przyjmowane do obliczeń dane pojazdu, zostały one zaczerpnięte z bazy danych programów. Przyjęte z konieczności w programach dla biegłych sądowych znaczne uproszczenia modelu pojazdu muszą prowadzić do pojawienia się nawet znaczących różnic między wynikami badań drogowych a wynikami symulacji. Znajomość wartości tych różnic jest bardzo istotna, ponieważ wykorzystujący tego typu programy ma określić, między innymi na podstawie wyników symulacji, prawdopodobny przebieg zdarzeń przed zaistnieniem wypadku. Biegły sądowy powinien zdawać sobie sprawę, że

programy te stanowią tylko pewne pomocnicze narzędzie w analizie sytuacji przedwy-  
padkowej i nie mogą być traktowane jako programy pozwalające na precyzyjne  
określenie toru ruchu pojazdu.

#### LITERATURA

- [1] Bułka D., Świder P., *Model pojazdu zastosowany w programie V-SIM do symulacji ruchu i zderzeń pojazdów samochodowych*, IV Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Problemy Bezpieczeństwa w Pojazdach Samochodowych, Kielce 2004, 149-156.
- [2] Dugoff H., *An Analysis of Tire Traction Properties and Their Influence on Vehicle Dynamic Performance*, SAE Paper 700377.
- [3] Grzegożek W., Świder P., *Nowy program do symulacji ruchu pojazdów i zderzeń „V-SIM”. Wstępna ocena przydatności do celów ekspertyzy sądowej*, Paragraf na drodze 8/2003, 34-39.
- [4] Nakayama T., *The relationship between accident avoidance and Vehicle Dynamics*, Toyota Technical Review, v. 45, No 1, 1995, 41-42.
- [5] Steffan H., Moser A., *The Collision and Trajectory Models of PC-CRASH*, SAE Paper 960886.
- [6] Uffelmann F., *Rechenmodell eines Reifens für Seiten und Umfangskraftübertragung*, Braunschweig 1989.
- [7] ISO/TR 3888, *Road – vehicle – test, procedure for a severe lane-change manoeuvre*.

#### Streszczenie

W artykule podano przykładowe wyniki badań zmiany pasa ruchu samochodu oraz wynik symulacji takiego manewru z wykorzystaniem dostępnych i popularnych w Polsce programów, służących do rekonstrukcji przebiegu wypadków: PC Crash i V-SIM. Zlinearyzowano rzeczywiste wymuszenie szeregiem odcinków linii prostych. Jako odpowiedź przyjęto wartość prędkości odchylenia. Porównano wyniki obliczeń symulacyjnych z wynikami badań drogowych.

#### A SEVERE LANE-CHANGE MANOEUVRE AN ATTEMPT OF EVALUATION OF ROAD ACCIDENT RECONSTRUCTION PROGRAMS

#### Abstract

The paper presents the exemplary results of the severe lane-change manoeuvre and the simulation results of such movements calculated by means of PC-Crash and V-SIM programs which are available and popular in Poland. Real input function was replaced by a series of segments of a linear function. Yaw velocity was accepted as an answer of a system. Simulation results are compared to the results of road tests.