

PODWÓJNA ZMIANA PASA RUCHU – WYNIKI BADAŃ DROGOWYCH I SYMULACJI PROGRAMEM V-SIM Z WYKORZYSTANIEM DWÓCH MODELI OGUMIENIA

Robert JANCZUR¹, Piotr ŚWIDER², Stanisław WALCZAK¹

Politechnika Krakowska

robertj@mech.pk.edu.pl, swider@mech.pk.edu.pl, swalczak@mech.pk.edu.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań drogowych samochodu osobowego w zakresie manewru podwójnej zmiany pasa ruchu. Otrzymane wyniki porównano z przebiegami parametrów uzyskanymi w wyniku komputerowej symulacji ruchu w nowej wersji programu V-SIM, gdzie zastosowano dwa różne modele koła ogumionego. Do analizy wybrano znormalizowany manewr podwójnej zmiany pasa ruchu. Porównano takie parametry jak: przebiegi czasowe prędkości kątowej odchylenia, przyspieszenia poprzecznego oraz przebiegi torów ruchu środka masy pojazdu.

Słowa kluczowe: komputerowa symulacja, V-SIM, model koła ogumionego

1. WPROWADZENIE

Komputerowe programy służące do rekonstrukcji przebiegu wypadków drogowych powinny w szczególności odpowiednio dokładnie odwzorowywać symulowany toru ruchu pojazdu w odniesieniu do faktycznego toru jazdy. Na wynik symulacji ma wpływ cały szereg czynników. Ważniejsze z nich to: model samochodu z położeniem jego środka masy, model zawiesznień (sztywności, tłumienia itp.), model układu kierowniczego, a przede wszystkim model koła ogumionego. W sytuacjach prowadzących do wypadków występują zazwyczaj ekstremalne warunki ruchu pojazdów. Takie też warunki ruchu program symulacyjny powinien odpowiednio dokładnie odtwarzać. Należy więc odrzucić liniowy model ogumienia, a wprowadzić taki, który pozwoli na

¹ dr inż. Robert Janczur i dr inż. Stanisław Walczak, Politechnika Krakowska, Kraków.

² dr inż. Piotr Świder, Politechnika Krakowska, Kraków i IES Kraków.

uwzględnienie między innymi zależności pomiędzy wartościami sił wzdłużnych, bocznych, normalnych i momentu stabilizującego opony dla różnych rodzajów nawierzchni, prędkości jazdy, względnego poślizgu koła, kąta znoszenia, ciśnienia pompowania, grubości warstwy wody na jezdni itp.

Próby ujęcia tych parametrów podjęto w programie V-SIM przyjmując modele HSRI opracowany przez Dugoffa, Fanchera, Segela [1], a następnie zmodyfikowany przez Uffelmanna, oraz model „TM-Easy” opracowany przez G. Rilla [10]. Modele te uzupełniono o zmianę współczynników odporności na znoszenie boczne zależne od ciśnienia pompowania kół oraz wpływ grubości warstwy wody na współczynniki przyczepności.

2. SAMOCHÓD BADAWCZY I APARATURA POMIAROWA

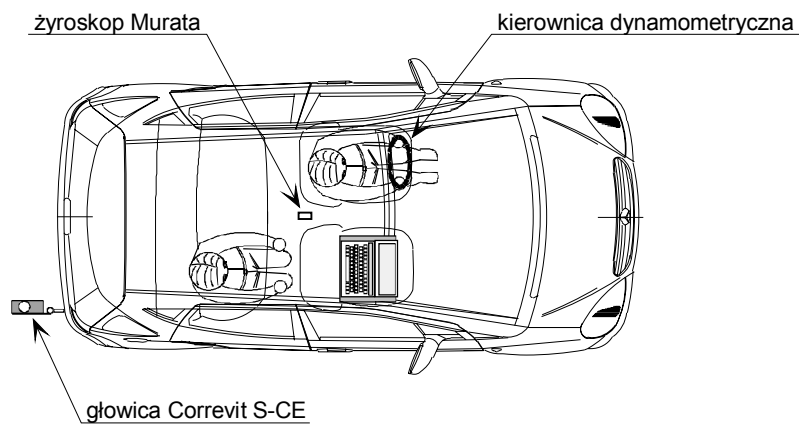
Badania drogowe samochodu Mercedes klasy A poprzedzone były między innymi ustaleniem położenia środka masy samochodu. Masa samochodu, obciążonego kierowcą, osobą obsługującą aparaturę i aparaturą, wynosiła 1340 kg, a środek masy znajdował się w odległości ok. 1,066 m od osi przedniej.

Do pomiarów samochód wyposażono w aparaturę, której podstawowe dane zestawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Aparatura pomiarowa wykorzystana w badaniach drogowych

<i>Urządzenie pomiarowe</i>	<i>Wielkość mierzona</i>	<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>Dopuszczalny maksymalny błąd</i>
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 Murata Gyrostar ENV-05A	kierunkowa prędkość kątowa	± 90 °/s	± 0,1°/s
kierownica dynamometryczna Datron MSW /S	kąt obrotu	± 1250°	≤ 0,05°
	koła kierownicy	± 200°	≤ 0,05°
	moment na kierownicy	± 50 / 250 Nm ± 10 / 50 Nm	≤ 0,01 Nm ≤ 0,01 Nm

Aparatura ta została rozmieszczona w samochodzie w sposób pokazany na rys. 1 i 2.



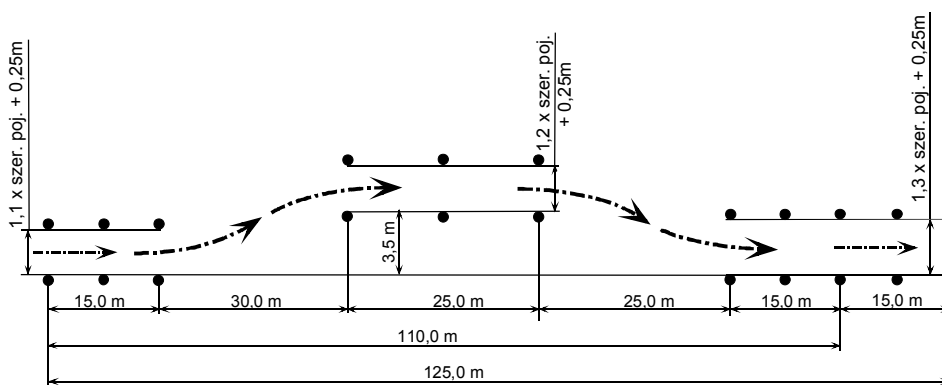
Rys. 1. Rozmieszczenie aparatury w badanym samochodzie



Rys. 2. Samochód przygotowany do badań

3. PRZEBIEG BADAŃ I SYMULACJI

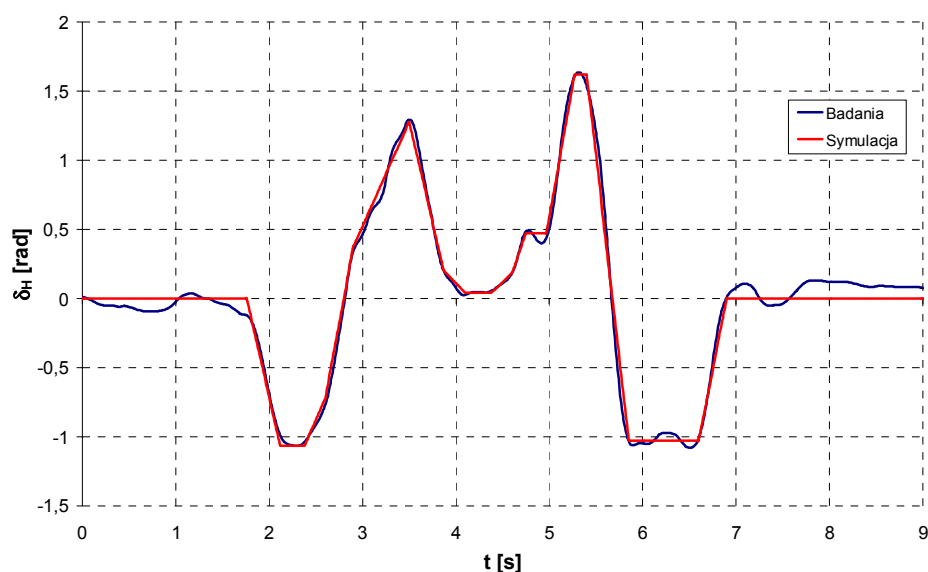
Badania drogowe przeprowadzono na dobrej i suchej nawierzchni asfaltowej. Tor podwójnej zmiany pasa ruchu i jego wymiary pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Tor podwójnej zmiany pasa ruchu wg ISO / TR 3888 - 1975

Podczas badań mierzono: kąt obrotu koła kierownicy (δ_H), prędkość wzdłużną (v_L) i poprzeczną (v_Q) samochodu (punktu związanego z nadwoziem, gdzie zamontowana była głowica Correvit) oraz prędkość kątową odchylenia (ψ). W samochodzie układ ESP był wyłączony.

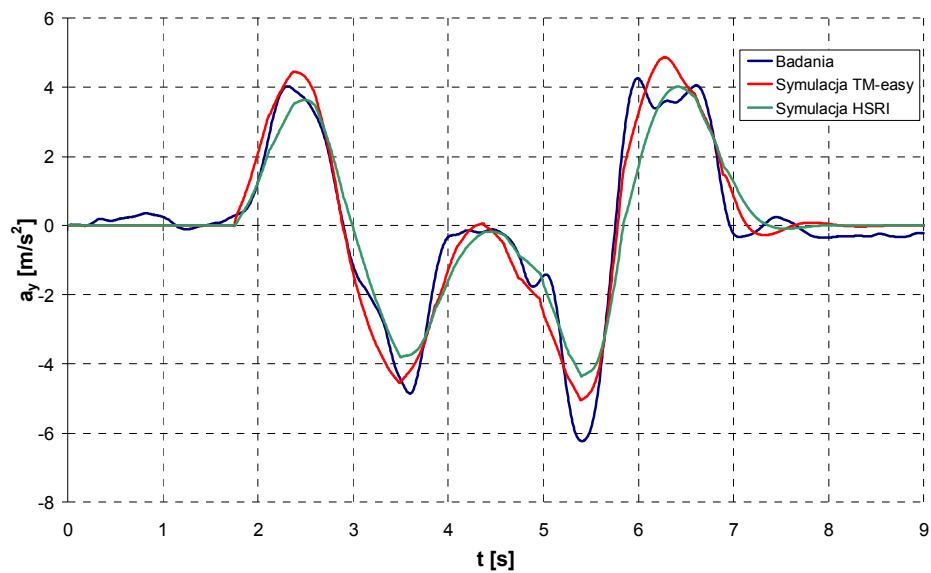
Uzyskaną podczas przejazdu przedmiotowego testu z prędkością ok. 65 km/h zależność czasową kąta obrotu koła kierownicy, zaprosymowano, na potrzeby symulacji z programie V-SIM, odcinkami prostymi w sposób pokazany na rys. 4.



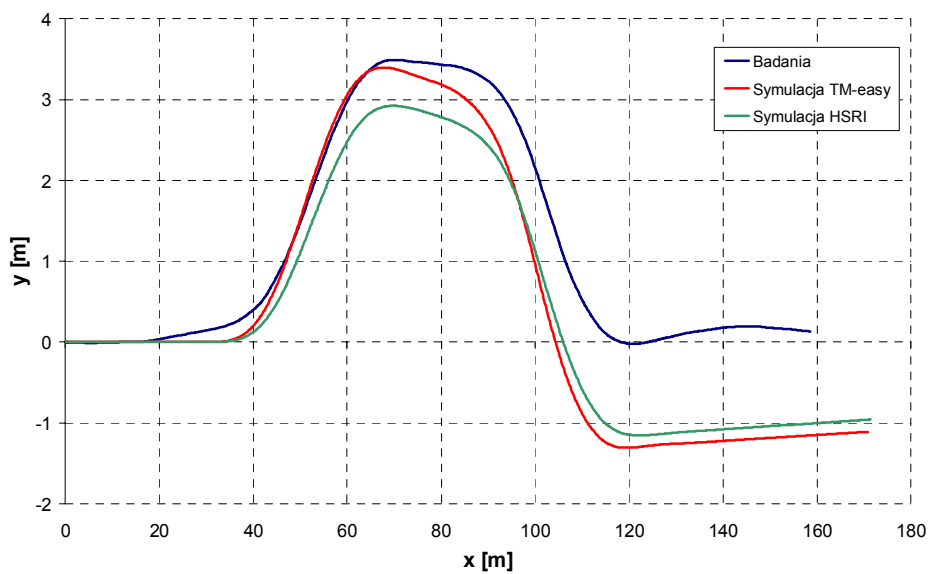
Rys. 4 Rzeczywisty kąt skrętu kierownicą i jego aproksymacja w programie V-SIM

W wyniku takiego wymuszenia (rzeczywistego i symulowanego) uzyskano pokazane na rys. 5. przebiegi przyspieszenia poprzecznego. Na rysunku tym przedstawiono przyspieszenie rzeczywiste i uzyskiwane dla obu przyjętych modeli koła ogumionego, przy czym tak w tym przypadku jak i na pozostałych wykresach kolorem niebieskim zaznaczono wyniki badań eksperymentalnych, kolorem czerwonym wyniki symulacji przy zastosowaniu modelu „TM-Easy”, a kolorem zielonym wyniki symulacji dla modelu „HSRI”.

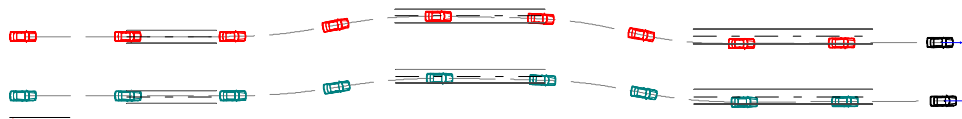
Na rys. 6. przedstawiono porównanie toru ruchu środka masy samochodu uzyskanego w badaniach drogowych oraz w symulacji. Rzeczywisty tor ruchu środka masy uzyskano całkując odpowiednio składowe prędkości wzdłużną i poprzeczną. Na rys. 7. pokazano przebieg symulowanego toru jazdy samochodu przy przyjęciu obu modeli koła ogumionego.



Rys. 5. Przyspieszenie poprzeczne – porównanie badań i symulacji w programie V-SIM



Rys. 6. Tor ruchu środka masy samochodu - porównanie badań i symulacji w programie V-SIM



Rys. 7. Tor jazdy samochodu wg symulacji w programie V-SIM

4. PODSUMOWANIE

Modele kół ogumionych, stosowane w programach do symulacji ruchu i zderzeń pojazdów, są dostosowywane do parametrów obecnie produkowanych opon oraz rozszerzane o parametry mogące wystąpić w rzeczywistych warunkach ruchu pojazdu (np. obniżenie ciśnienia pompowania). Z tego względu opracowywana nowa wersja programu V-SIM została uzupełniona o model TM-Easy opracowany przez G. Rilla, bazujący na wynikach eksperymentalnych badań ogumienia (które zostały opublikowane). Dla modelu opony „HSRI” wyniki podobnych, aktualnych badań nie są publikowane w literaturze fachowej.

Biorąc pod uwagę fakt, że podczas symulacji w programie V-SIM zastąpiono rzeczywiste wymuszenie kątem obrotu koła kierownicy szeregiem odcinków prostych, a nadto, że w programie przyjęto stałą wartość przełożenia kinematycznego w układzie kierowniczym, należy stwierdzić, iż uzyskane wyniki symulacji wykazują zadawalającą zbieżność z wynikami badań drogowych. W symulacjach wykonanych dla obu modeli kół ogumionych nie stwierdzono znaczących różnic. Aktualnie trudno jest jednoznacznie rozstrzygnąć, który z modeli w lepszym stopniu przybliży symulację do rzeczywistości, jako że w pierwszej fazie zmiany pasa ruchu bliższe są przebiegi uzyskane przy zastosowaniu modelu „TM-easy”, a na końcu manewru nieco lepsze wyniki daje model „HSRI”.

Autorzy przewidują wykonanie prób stateczności i kierowności samochodów osobowych przy różnym od nominalnego ciśnieniu w ogumieniu. Być może wtedy można będzie rozstrzygnąć, który z zastosowanych w programie modeli jest bardziej przydatny.

DOUBLE LANE CHANGE MANEUVERS – EXPERIMENTAL AND SIMULATIONS RESULT DONE BY MEANS OF A COMPUTER PROGRAM V-SIM, WITH APPLYING TWO DIFFERENT TIRE MODEL

ABSTRACT

The paper presents the results of experimental research of double lane change manoeuvres of passenger car. The experimental results were compared with simulation results getting from new version of computer program for accident reconstruction V-Sim. Two different tire model, HSRI and TM-Easy, was applied in V-Sim. The selected parameter getting from out-door

experiment and computer simulation like: yaw velocity, transverse acceleration and the path of centre of gravity were compared in time domain.

LITERATURA

- [1] Dugoff H., Fancher P.S., Segel L., An Analysis of Tire Traction Properties and Their Influence on Vehicle Dynamics Performance. SAE Technical Paper 700377.
- [2] Hirschberg W., Rill G., Weinfurter H.: User-Appropriate Tyre-Modeling for Vehicle Dynamics in Standard and Limit Situation. Vehicle System Dynamics, vol. 38 (2002), pp. 103-125.
- [3] ISO 7401-88 Road Vehicles- Lateral Transient Response Test Methods.
- [4] Kleczkowski A., Samochody. Stateczność i Kierowalność. Metody badań, wskaźniki oceny, wymagania, Projekt ZN OBR SM, Bielsko-Biała 1988.
- [5] Mitschke M., Dynamika samochodu. WKŁ Warszawa 1977.
- [6] New Tire-Terrain Models. Technical Session of the Winter 2005. EDC Technical Newsletter
- [7] Pacejka H. B., Bakker E.: The Magic Formula Tyre Model. Supplement to Vehicle System Dynamics, vol.21, (1993), pp. 1-18.
- [8] Praca zbiorowa, Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego. IES Kraków 2002.
- [9] Prochowski L., Mechanika ruchu. Pojazdy samochodowe. WKŁ Warszawa 2005.
- [10] Rill G., Simulation von Kraftfahrzeugen. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft, Braunschweig/Wiesbaden 1994.
- [11] Sledge N. H., Marshek K. M., Vehicle critical speed formula-values for the coefficient of friction - A review. SAE Paper 971148.
- [12] Uffelmann F., Rechenmodell eines Reifens für Seiten und Umfangskraftübertragung. Institut für Fahrzeugtechnik Braunschweig 1978.
- [13] Unarski J., Wach W., Koleiny. V Sympozjum „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych” organizowane przez IES w Krakowie, Zakopane 1996, Zbiór referatów s. 209-218.
- [14] Walczak St., Analiza dynamicznych obciążeń elementów niezależnych zawiesznień kół samochodu. Politechnika Krakowska. Rozprawa doktorska, Kraków 2003.
- [15] Wicher J., Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. Pojazdy samochodowe. WKŁ Warszawa 2004.