

**Robert Janczur**

Politechnika Krakowska, Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych

**Piotr Świder**

Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków

## **Przechyły poprzeczne pojazdów – wyniki badań i symulacji komputerowych Vehicles roll rotation – results of research and computer simulation**

### ***Streszczenie***

W artykule podano wyniki badań przechyłów poprzecznych dla kilku wybranych samochodów osobowych i ciężarowych, wykonanych z wykorzystaniem żyroskopów i głowic Correvit H. Wyniki te są efektem prób drogowych prowadzonych w ramach badań stateczności i kierowności. Podano też przykładowe wyniki symulacji ruchu badanych samochodów wykonanych najpopularniejszymi w Polsce programami, a w których przechyły poprzeczne są możliwe do określenia.

**Słowa kluczowe:** przechył nadwozia, kierowność, stateczność, sterowność

### ***Abstract***

The authors present the results of research on roll rotation for several cars and trucks carried out with the use of gyroscopes and Correvit H heads. The results have been obtained in road tests on stability and steerability. Examples of results of vehicle motion simulation performed with programs most popular in Poland, in which roll rotation is possible to determine, have been included.

**Key words:** body roll rotation, steerability, stability, manoeuvrability

## **WPROWADZENIE**

W praktyce opiniowania kolizji drogowych zachodzi czasem potrzeba ustalenia, czy zgłaszane uszkodzenia pojazdu mogły powstać w deklarowanych przez uczestników okolicznościach. W przypadkach, gdzie zachodzi podejrzenie o chęć wyłudzenia odszkodowania, firmy ubezpieczeniowe podejmują działania w kierunku ustalenia faktycznego sposobu uszkodzenia pojazdu (korzystając z pomocy rzeczoznawców) lub w sprawach ewidentnych zgłaszają Organom Procesowym o dokonaniu przestępstwa.

W takich przypadkach często należy ocenić, czy zakres uszkodzeń mających z sobą kolidować pojazdów odpowiada sobie co do energochłonności, ich umiejscowienia, kształtu, kierunku działania przeszkody powodującej te uszkodzenia itp.

Przeważnie biegli lub rzeczoznawcy, badając korelację uszkodzeń, porównują między sobą katalogowe sylwetki samochodów, podczas gdy w kolizji uczestniczyły samochody w nieznanym stanie obciążenia, czasami długoletnio eksploatowane i o zmienionych parametrach w stosunku do pojazdów fabrycznych. Dobrym podejściem, choć możliwym do zrealizowania tylko w warunkach statycznych, jest pomiar i zestawianie pojazdów mających brać udział w zdarzeniu.

W rzeczywistości wypadki przebiegają dynamicznie, a zmiany wysokości elementów nadwozi mogą być znaczne. Przykładowe zachowanie się ciągnika siodłowego z naczepą cysterną podczas manewru gwałtownego skrętu w lewo pokazano na fot. 1.



Fot. 1. Przechył ciągnika siodłowego MAN podczas próby gwałtownego skrętu w lewo

Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie rzeczywistych kątów przechyłu poprzecznego pojazdów w zależności od przyspieszenia poprzecznego oraz zwrócenie uwagi na możliwości ustalenia tych kątów poprzez komputerową symulację krzywoliniowego ruchu pojazdów za pomocą programów V-SIM i PC CRASH.

## 2. APARATURA POMIAROWA

W celu wyznaczenia przyspieszenia poprzecznego pojazdu poruszającego się w warunkach quasiustalonych po torze kołowym najczęściej rejestruje się prędkość podłużną wybranego punktu związanego z nadwoziem oraz prędkość odchylenia. Przy znanym położeniu czujnika prędkości liniowej (głowica Correvit L), można

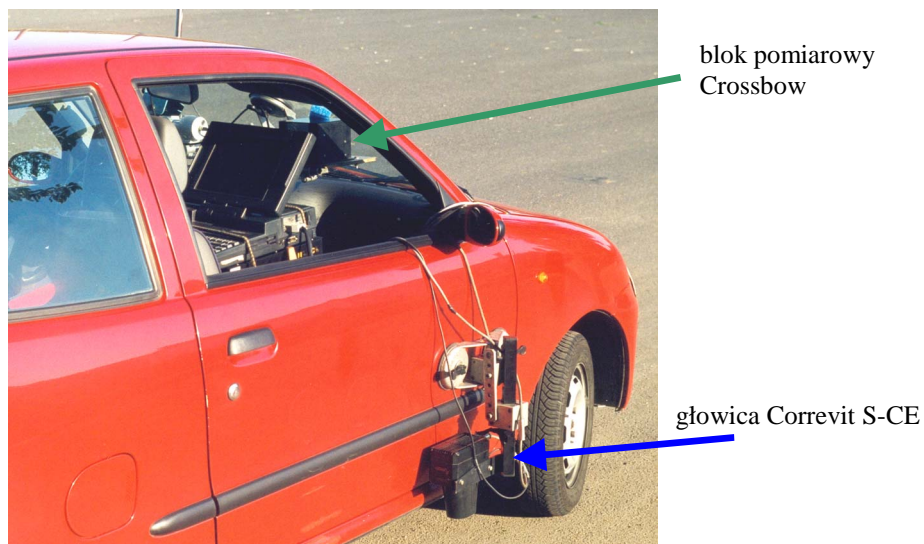
obliczyć prędkość wzdłużną środka masy. Mierząc prędkość odchylenia żyroskopem (laserowym Crossbow, kamertonowym Murrata lub prędkościowym) można obliczyć przyspieszenie poprzeczne mnożąc przez siebie wartości wspomnianych powyżej wielkości. Można też wprost rejestrować przyspieszenie poprzeczne czujnikiem przyspieszeń, lecz wartości mierzone należy skorygować ze względu na przechył nadwozia.

Kąt przechyłu poprzecznego pojazdu można mierzyć wprost blokiem pomiarowym Crossbow lub pośrednio poprzez scałkowanie prędkości przechyłu poprzecznego zarejestrowanej żyroskopem albo mierząc zmiany odległości trzech punktów nadwozia. W tej ostatniej metodzie wykorzystywane są głowice Correvit H.

Wyniki badań prezentowane w artykule uzyskano stosując następującą aparaturę:

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
blok Crossbow	prędkość odchylenia	± 260 °/s	± 0,1 °/s
	kąt bocznego przechyłu	± 180 °	± 0,1 °
głowica Correvit H	wysokość wybranego punktu nadwozia	± 200 mm	0,5 mm

Na zdjęciach nr 2 – 4 przedstawiono opisaną aparaturę w badanych pojazdach.



Fot. 2. Umieszczenie aparatury pomiarowej w samochodzie FIAT Seicento



Fot. 3, 4. Samochód VW Passat z aparaturą. Strzałkami zaznaczono głowice Correvit H

## 2. OBIEKTY BADAŃ

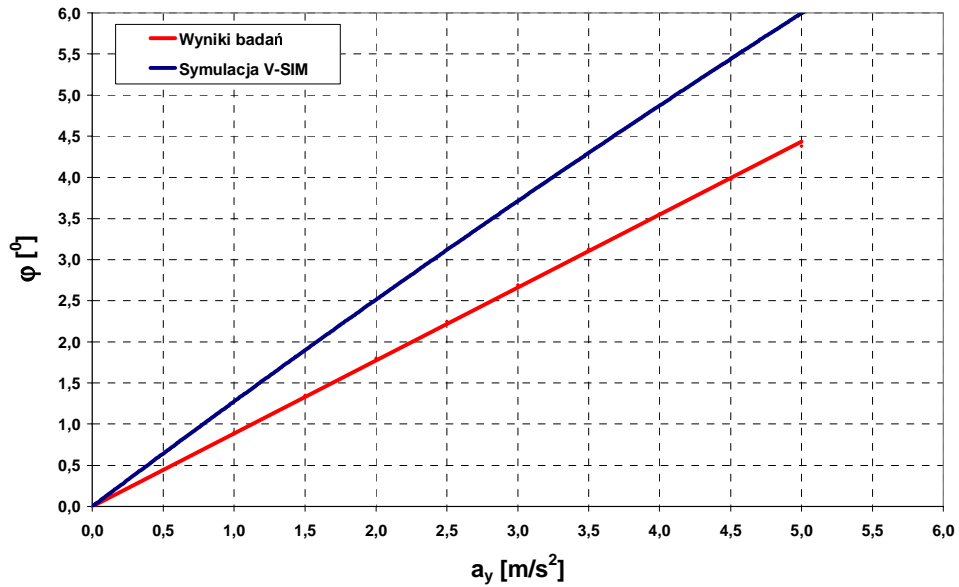
Dla potrzeb niniejszego artykułu wykorzystano między innymi wyniki badań poligonowych samochodów osobowych FIAT Seicento z silnikiem 899 cm<sup>3</sup> i VW Passat 1.9 TDI. W obu przypadkach pojazdy obciążone były osobą kierowcy, osobą prowadzącą pomiary (zajmującą miejsce z tyłu po prawej stronie) oraz aparaturą do przetwarzania i rejestracji mierzonych wielkości, umieszczoną na przednim fotelu pasażera. Analogiczny stan obciążenia samochodów przyjęto w symulacjach komputerowych za pomocą programów V-SIM i PC CRASH.

Ponadto w dalszej części zaprezentowano także wyniki badań poligonowych samochodów ciężarowych Star 1142 i MAN LE220B (o dopuszczalnej masie całkowitej) oraz naczepy cysterny (w pełni obciążonej, dmc = 32000 kg).

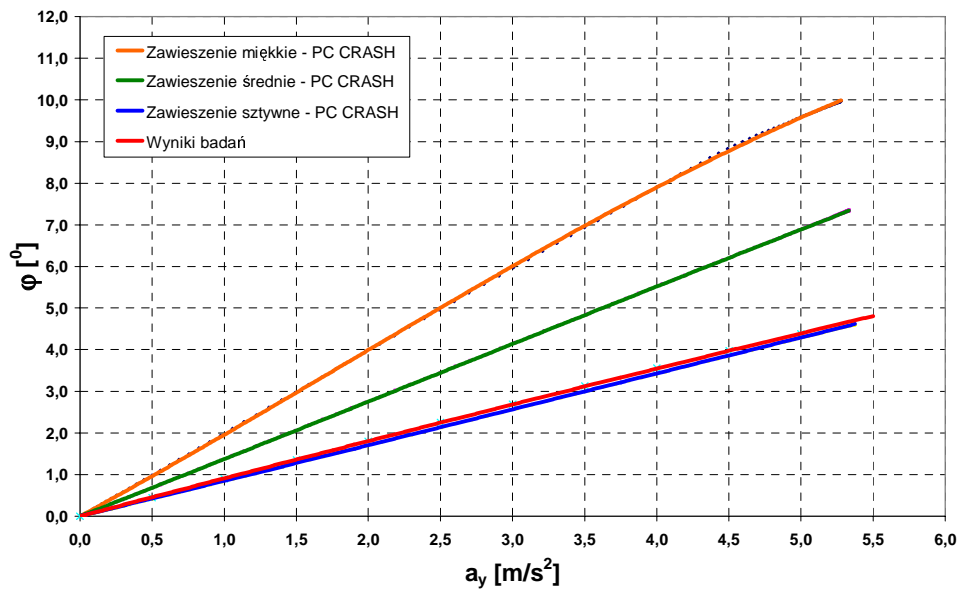
## 3. WYNIKI BADAŃ I SYMULACJI KOMPUTEROWYCH

Na rys. 1 i 2 zamieszczono wyniki badań drogowych oraz symulacji komputerowych. W programie V-SIM przyjęto standardowe dane zawiesznień, natomiast symulacje programem PC CRASH wykonano dla trzech możliwych ustawień zawiesznień: „miękkie”, „średnie” i „sztywne”.

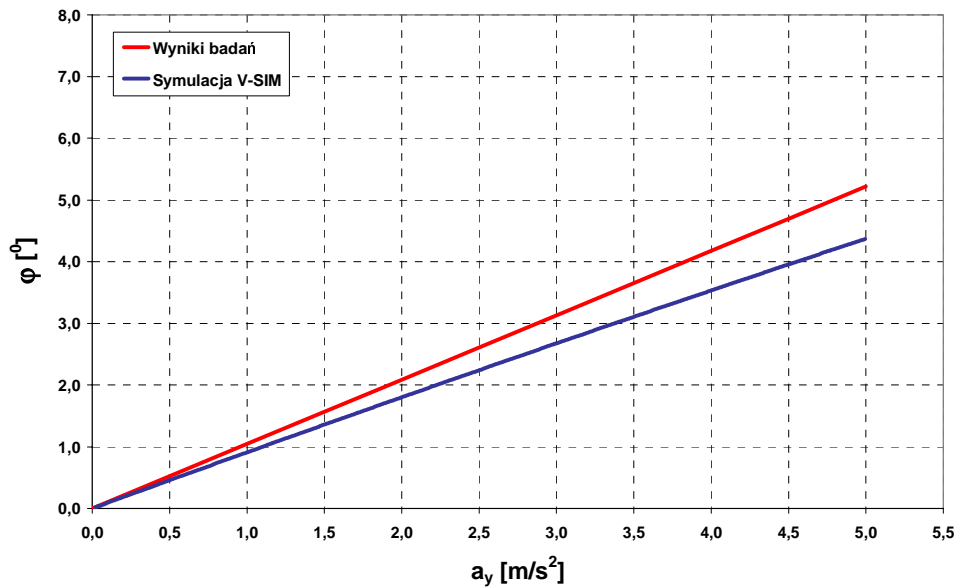
Rys. 3 i 4 prezentują wyniki badań i symulacji dla samochodu VW Passat.



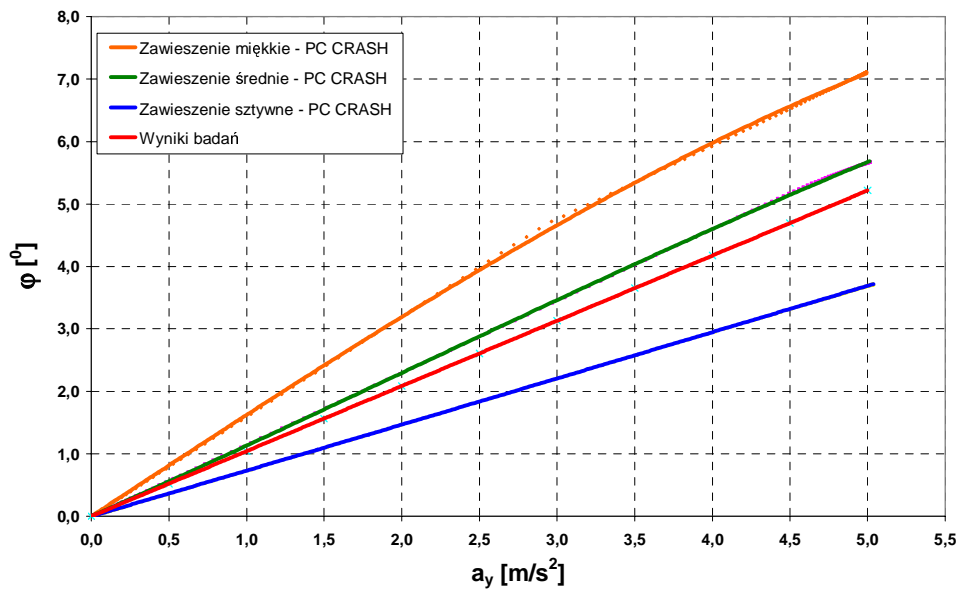
Rys. 1. Zależność kąta przechyłu poprzecznego nadwozia samochodu FIAT Seicento od przyspieszenia poprzecznego – porównanie wyników badań z symulacją programem V-SIM



Rys. 2. Zależność kąta przechyłu poprzecznego nadwozia samochodu FIAT Seicento od przyspieszenia poprzecznego – porównanie wyników badań z symulacją programem PC CRASH



Rys. 3. Zależność kąta przechyłu poprzecznego nadwozia samochodu VW Passat od przyspieszenia poprzecznego – porównanie wyników badań z symulacją programem V-SIM

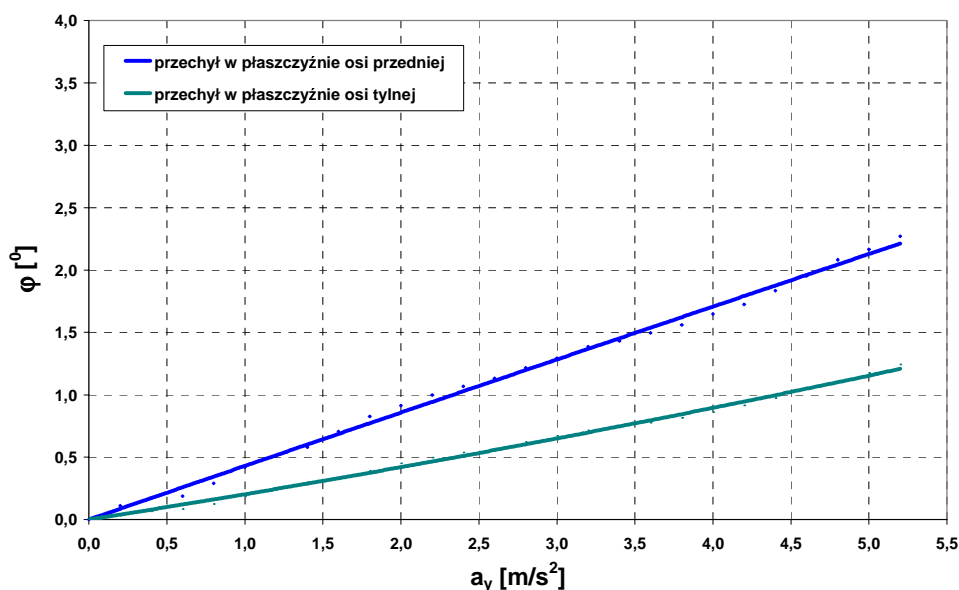


Rys. 4. Zależność kąta przechyłu poprzecznego nadwozia samochodu VW Passat od przyspieszenia poprzecznego – porównanie wyników badań z symulacją programem PC CRASH

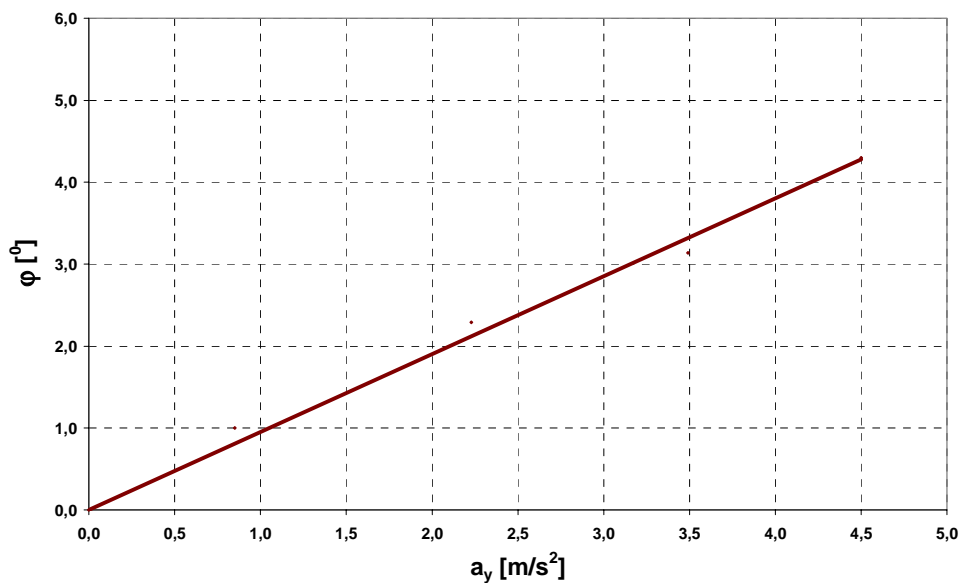
Wyniki badań przedmiotowych samochodów wskazują na niemal liniową lub liniową zależność przechyłu poprzecznego nadwozia od przyspieszenia poprzecznego. Dla samochodu FIAT Seicento średnia wartość przyrostu kąta przechyłu poprzecznego wynosi ok.  $0,9 \text{ }^\circ/\text{m/s}^2$ , a dla samochodu VW Passat ok.  $1,0 \text{ }^\circ/\text{m/s}^2$ .

Programy symulacyjne przy przyjęciu danych standardowych dają wyniki nieco odbiegające od uzyskanych podczas badań drogowych. Zawieszenia w programach są mniej sztywne lub niedostatecznie jest uwzględnione działanie drążków stabilizatora przechyłu. Dodatkowym utrudnieniem w PC CRASHu jest brak danych położenia wysokości środka masy. W standardzie wysokość ta jest równa 0, a więc dla takiego przypadku przechyły nadwozia w ogóle nie występują.

Na kolejnym rys. 5 zaprezentowano wyniki badań przechyłów poprzecznych dla samochodu ciężarowego Star 1142. Zwraca tu uwagę bardzo znaczna różnica pomiędzy przechyłami bocznymi w płaszczyźnie osi przedniej i tylnej. Jak widać zawieszenie osi tylnej jest przechyłowo znacznie sztywniejsze i pewien wpływ ma niewątpliwie podatność ramy.



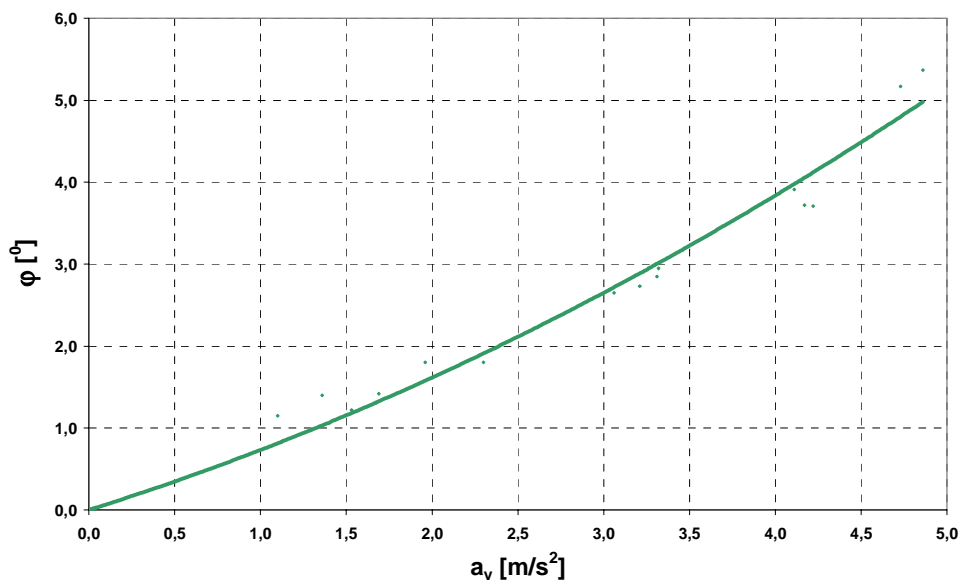
Rys. 5. Zależności kątów przechyłu nadwozia samochodu Star 1142 w płaszczyźnie osi przedniej i tylnej od przyspieszenia poprzecznego



Rys. 6. Zależność kąta przechyłu nadwozia samochodu ciężarowego MAN LE220B od przyspieszenia poprzecznego

Jako ostatnie zestawiono rys. 6 i 7, które obrazują przechyły boczne ciągnika siodłowego MAN oraz naczepy będącej cysterną. Można zaobserwować, że przyrost kąta przechyłu ciągnika wynosi około  $0,9 \text{ }^\circ/\text{m/s}^2$  i jest zbliżony do przyrostów kątów przechyłu samochodów osobowych, natomiast zależność kąta przechyłu naczepy od przyspieszenia bocznego wykazuje pewną nieliniowość, lecz również i w tym przypadku przyrost kąt przechyłu od przyspieszenia poprzecznego nie odbiega znacząco od wartości uzyskanych dla samochodów osobowych.





Rys. 7. Zależność kąta przechyłu naczepy cysterny (o dmc = 32000 kg) od przyspieszenia poprzecznego

Zaprezentowane wyniki badań drogowych przybliżają problematykę rzeczywistych kątów poprzecznego przechyłu pojazdów oraz wskazują na konieczność ostrożnego podejścia do wyników symulacji dostępnymi programami komputerowymi przy przyjęciu standardowych danych wejściowych.

#### 4. WNIOSKI

1. Dla badanych samochodów osobowych oraz ciągnika siodłowego z naczepą uzyskuje się przyrosty kątów przechyłu poprzecznego nadwozi od przyspieszenia bocznego w zakresie  $0,9 - 1 \text{ }^\circ/\text{m/s}^2$ .
2. Dla Stara 1142 przyrosty przechyłów poprzecznych w płaszczyźnie osi przedniej są około dwukrotnie mniejsze, a w płaszczyźnie osi tylnej nawet czterokrotnie mniejsze niż dla innych badanych pojazdów.
3. Programy symulacyjne przy przyjęciu danych standardowych dają wyniki nieco odbiegające od uzyskanych podczas badań drogowych. Zawieszenia w programach są mniej sztywne lub niedostatecznie jest uwzględnione działanie drążków stabilizatora przechyłu. Dodatkowym utrudnieniem w programie PC CRASH jest brak danych wysokości położenia środka masy.

4. Praktycznie przy kolizji samochodu, w której jechał on po łuku, można przyjmować nie popełniając większego błędu, że przyrost kąta przechyłu w zależności od przyspieszenia bocznego wynosi około  $1^\circ/\text{m/s}^2$ .

### LITERATURA

1. Janczur R., Struski J., *Analityczno – eksperymentalna metoda badań sterowności samochodu*. Zeszyty naukowe. III Konferencja Naukowo – Techniczna „Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych”, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2002, s.207-222.
3. Kleczkowski A., *Samochody. Kierowność i stateczność. Metody badań, wskaźniki ocen, wymagania*. Projekt Normy Zakładowej OBR Samochodów Małolitrażowych 1988, (materiały niepublikowane).
4. Mitschke M., *Dynamik der Kraftfahrzeuge*. Band C. Springer Verlag 1990.
5. Osiecki J., *Elementy modelowania w dynamice maszyn*. Rozdział w pracy zbiorowej *Dynamika maszyn.*, Ossolineum PAN, Wrocław 1974, s. 12-48.
6. PN-ISO 8855: 1999, *Pojazdy drogowe. Dynamika i zachowanie się podczas jazdy. Terminologia*. PKN 1999.
7. Struski J., *Quasi – statyczne modelowanie sterowności samochodu*. Monografia 144, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1993.