

JÓZEF KNAPCZYK*

ZAGADNIENIA DYNAMIKI SAMOCHODÓW
ROZPATRYWANE W INSTYTUCIE POJAZDÓW
SAMOCHODOWYCH I SILNIKÓW SPALINOWYCH PK
W OKRESIE 1995–2006

AUTOMOBILE DYNAMICS PROBLEMS CONSIDERED
AT INSTITUTE OF AUTOMOBILES AND COMBUSTION
ENGINES OF CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
IN THE PERIOD OF YEARS 1995–2006

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia dynamiki samochodów rozpatrywane w pracach naukowych Instytutu M-4 PK (monografie, prace habilitacyjne i doktorskie, artykuły w periodykach międzynarodowych i krajowych), m.in. modele dynamiki samochodu stosowane do planowania badań eksperymentalnych poligonowych (stateczności i kierowności) i stanowiskowych, modele kinematyczne, elastokinematyczne i dynamiczne mechanizmów prowadzenia kół złożonych z zawiesznień McPhersona i wielowahaczowych oraz układu kierowniczego, drgania zawiesznień wywołane pulsacjami momentu hamującego, badania stanowiskowe opon, a także układu hamulcowego z urządzeniem przeciwblokującym.

Słowa kluczowe: dynamika samochodu, modele elastokinematyczne i dynamiczne, badania eksperymentalne

Abstract

Automobile dynamics problems considered at Institute of Automobiles and Combustion Engines presented in monographs, doctoral dissertations and papers published by international and local journals are described. For example: discrete models of car dynamics, used to plan polygon experiments, the test study of vehicle stability and handling and to evaluate the test results; kinematical, elastokinematical and dynamical models of the wheel guiding mechanism with McPherson or multi-rod suspension and steering system, the suspension vibrations caused by pulsating wheel braking torque, the stand tests of the tires and ABS system.

Keywords: automobile dynamics, stability and handling, suspension elastokinematical and dynamical models

* Prof. dr hab. inż. Józef Knapczyk, Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Prace naukowo-badawcze z zakresu dynamiki samochodów obejmowały studia i badania wpływu parametrów konstrukcyjnych pojazdów samochodowych na kierowność, bezpieczeństwo i komfort jazdy. Rozpatrywano dyskretne modele dynamiki samochodu, jako modele proste i złożone, w tym modele wieloczłonowe z więzami nieholonomicznymi. Modele te stosowano do planowania badań eksperymentalnych w celu weryfikacji przyjętych modeli i estymacji ich parametrów. Wykonano wiele badań eksperymentalnych pojazdów samochodowych w warunkach poligonowych i badań stanowiskowych ich zespołów. Badania poligonowe dotyczyły głównie stateczności i kierowności, układów bezpieczeństwa czynnego (ABS i ESP), natomiast badania stanowiskowe – analizy drgań zawiesznień wielowahaczowych, a także układów wspomagających kierowcę i niepełnosprawnych.

W badaniach rozpoznawczych stosowano modele proste, np. w badaniach kierowności stosowano model samochodu o ruchu płaskim, tzw. dwukołowy. Natomiast do badań układu ABS stosowano model 4-kołowy, o 7 stopniach swobody. W przypadku badań stanowiskowych zespołów pojazdu jego model dzielono na moduły, które rozpatrywano oddzielnie, uwzględniając oddziaływania między nimi. Rozpatrując na przykład zawieszenie kół, brano pod uwagę oddziaływania nadwozia, układu kierowniczego, napędowego oraz koła z oponą. Złożone modele układów wieloczłonowych, np. zawiesznień kół, uwzględniają nieliniowe równania więzów kinematycznych oraz więzy sprężyste, opisane jako charakterystyki elastokinematyczne, a także tłumienie i tarcie.

Równania ruchu pojazdu wyprowadzono za pomocą równań Newtona–Eulera, równań Lagrange’a II rodzaju, zasady d’Alemberta lub zasady Jourdaina. Wirtualne przemieszczenia członów opisano we współrzędnych uogólnionych. Prędkości i przyspieszenia członów wyznaczano na podstawie równań ruchów względnych członów (ciał sztywnych), wyrażone w postaci zależności kinematycznych jako tzw. różniczki kinematyczne, wprowadzone do równań dynamiki dają minimalną liczbę nieliniowych równań różniczkowych drugiego rzędu.

Podejście tego rodzaju pozwala na dekompozycję złożonego układu na podukłady, tzw. moduły, przy czym ruch nadwozia jest opisany za pomocą współrzędnych absolutnych. Inne moduły są opisane za pomocą współrzędnych względnych (lokalnych), np. zawieszenie kół jest opisane za pomocą współrzędnych względem nadwozia (opisujących przemieszczenia resorowania i skrętu kół), natomiast odkształcenie opony jest opisane względem obręczy lub piasty koła. Metoda dekompozycji układu wieloczłonowego odpowiada jego strukturze, a podstawowe elementy dekompozycji wykazują oddziaływania między układami, np. między nadwoziem i zawieszeniem koła. W pierwszym kroku wykorzystuje się moduł nadwozia do wyznaczenia kinematyki układu odniesienia zawieszenia (przemieszczenie, prędkość i przyspieszenie względem układu inercjalnego). Moduł zawieszenia wykorzystuje te wielkości do wyznaczenia kinematyki układu odniesienia napędu. W drugim kroku wyznacza się zależności dynamiczne. Uwzględniając odpowiednie różniczki kinematyczne (określone względem układu odniesienia nadwozia i względem układu odniesienia zawieszenia), rozdziela się macierz mas na podmacierze odpowiadające współrzędnym nadwozia i współrzędnym zawieszenia. Oddziaływania między modułami opisują wektory sił uogólnionych. Przyjmując odpowiedni zestaw różniczek kinematycznych,

można zredukować lub pominąć niektóre oddziaływania jako małe. Każdy moduł dostarcza pewną liczbę parametrów kinematycznych i dynamicznych, które są stosowane w równaniach ruchu całego układu.

Najwięcej uwagi poświęcono badaniom kierowności samochodów i dynamiki zespołów, w tym zawiesznień kół. Z tego zakresu wykonano m.in. prace doktorskie (S. Dzierżek, O. Gansiniec, M. Maniowski, G. Niemczyk, H. Wnęk, A. Polański, R. Janczur, M. Kowalski, S. Walczak i W. Wach) oraz prace habilitacyjne (J. Struski, K. Romaniszyn, W. Grzeżożek, A. Gajek). Wiele prac opublikowano w periodykach naukowych o zasięgu międzynarodowym (patrz załączniki B, C i D), a także w materiałach konferencji naukowych, np. International Symposium „The Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks” [D12] oraz World Congress on Mechanism and Machine Science [D8, 9, 10].

2. Modele mechanizmów prowadzenia kół samochodu

2.1. Modele elastokinematyczne zawiesznień wielowahaczowych

W pracach [C4, D1, 2, 3, 4] przedstawiono modele mechanizmu prowadzenia kół samochodu, o różnym stopniu uproszczenia, które wykorzystuje się do kształtowania pożądanych charakterystyk kinematycznych, elastokinematycznych i dynamicznych zawiesznień kół wraz z ramą pomocniczą i układem kierowniczym, np. przez dobór parametrów geometrycznych i podatności elementów. Zwięzłe opisy modeli i obrazowe interpretacje przemieszczeń, prędkości i obciążeń członów uzyskano dzięki zastosowaniu rachunku wektorów przestrzennych. Poszczególne modele zweryfikowano na podstawie wyników pomiarów stanowiskowych, odpowiednio zaplanowanych i wykonanych.

W pracach [A1, C1, C4, D1] przedstawiono własną metodę analizy przemieszczeń i obciążeń 5-wahaczowego mechanizmu prowadzenia kół współczesnych samochodów osobowych (Mercedes, BMW, Audi, VW Passat, Ford Focus i in.). Równania przemieszczeń członów otrzymano jako rozwiązania czworościanów, opisujących więzy geometryczne. Układ pięciu nieliniowych równań więzów zredukowano do dwóch równań nieliniowych, które rozwiązano numerycznie. Układ równań równowagi sił i momentów sił obciążeń zewnętrznych i reakcji w połączeniach rozwiązano analitycznie. Charakterystyki podatności przegubów, wyznaczone eksperymentalnie, wykorzystano w modelu elastokinematycznym w postaci zlinearyzowanej. Przemieszczenia przestrzenne piasty koła, spowodowane obciążeniem zewnętrznym, a wynikające z odkształceń elementów podatnych, wyznaczono za pomocą macierzy podatności mechanizmu, a następnie opisano w postaci przemieszczenia śrubowego. Zastosowano przy tym metody wyznaczania parametrów skończonego i nieskończonego przemieszczenia śrubowego wspornika koła.

2.2. Synteza parametryczna zawiesznień wielowahaczowych

W pracach [C4, D3, 4, 6] przedstawiono własne metody syntezy parametrycznej mechanizmu prowadzenia kół samochodu, tj. syntezy wymiarowej, gdy wyznaczanymi parametrami są wymiary członów o zadanych położeniach oraz syntezy elastokinematycznej, gdy wyznacza się współczynniki sztywności łączników elastomerowych dla pożądanych przemieszczeń mechanizmu pod obciążeniem. Stosując obie metody, można także estymo-

wać wybrane parametry geometryczne i sztywności mechanizmu, które mają zastępczy charakter lub są trudne do bezpośredniego zmierzenia.

W pracy [D6] przedstawiono metodę wyznaczania współrzędnych środków przegubów kulowych, łączących wahacze z nadwoziem, gdy są dane współrzędne pozostałych punktów mechanizmu i długości wahaczy. Jako funkcję celu przyjęto minimum odchyień od pożądanej charakterystyki przemieszczeń zwrotnicy, przy ruchach resorowania i skrętu. Zadanie syntezy rozwiązano wg procedury optymalizacyjnej, dwuetapowej o hierarchicznej strukturze. Podano przykład liczbowy mechanizmu prowadzenia kół przednich samochodu Audi A4.

Rozwiązano zadanie syntezy parametrów sztywności promieniowej tulejek elastomerycznych w przegubach wahaczy [D3, 4] dla pożądanych charakterystyk elastokinematycznych mechanizmu, które opisano w postaci zbioru przemieszczeń piasty koła pod działaniem obciążeń występujących w typowych manewrach samochodu. Zależności między parametrami i pożądanymi charakterystykami wyprowadzono za pomocą różniczek kinematycznych pierwszego rzędu i rachunku wektorów śrubowych. Zadanie rozwiązano, stosując linearyzację więzów metodą najmniejszych kwadratów. Algorytm opracowany stosownie do celu zadania może być wykorzystany do syntezy lub estymacji parametrów sztywności. Dla dwóch przykładowych zawiesznień wyznaczono współczynniki sztywności promieniowych tulejek pięciu wahaczy, które możliwie najlepiej spełniają kryteria komfortu i kierowności.

2.3. Modele dynamiczne mechanizmu prowadzenia kół przednich

W pracy [D10] przedstawiono metodę analizy dynamicznej mechanizmu prowadzenia kół przednich, z zawieszeniem McPhersona i przekładnią zębatkową, przy czym uwzględniono tarcie suche w połączeniach ruchowych. Człony mechanizmu rozpatrywano jako bryły sztywne, geometrię układu opisano za pomocą współrzędnych Denavita–Hartenberga. Równania ruchu wyprowadzono, wykorzystując formalizm Lagrange’a. Siły i momenty sił tarcia w przegubach opisano w zależności od reakcji i wyznaczano w kolejnych krokach całkowania równań ruchu za pomocą rekurencyjnego algorytmu Newtona–Eulera. Metodę zweryfikowano na podstawie wyników badań eksperymentalnych stanowiskowych.

3. Eksperymentalne badania stanowiskowe mechanizmów prowadzenia kół samochodu

3.1. Analiza drgań wspornika koła samochodu wymuszonych pulsacjami momentu hamującego

W pracach [C4, D7] analizowano drgania wspornika koła samochodu wywołane przez pulsacje momentu hamującego, wynikające z działania układów typu ABS czy też niejednorodności tarczy hamulcowej. Zastosowano metodę estymacji stanu przyspieszenia wspornika koła jako bryły sztywnej, o ruchu przestrzennym, na podstawie wyników pomiarów czujnikami przyspieszeń liniowych. Opracowano metody pomiarów przestrzennych przemieszczeń wspornika koła i ramy pomocniczej zawieszenia, a także metody estymacji

wybranych składowych stanu obciążenia wspornika koła na podstawie wyników pomiarów sił wzdłużnych w wahaczach rozważanego zawieszenia.

W celu wzbudzenia drgań w układzie koło–zawieszenie na stanowisku dwubębnowym wywoływano zmiany ciśnienia w układzie hamulcowym koła za pomocą hydraulicznego modulatora układu przeciwblokującego (ABS), który uruchamiano przez odpowiednio przystosowany sterownik. Na podstawie wyników pomiarów sił w wahaczach i przyspieszeń wybranych członów mechanizmu przy wymienionych warunkach wymuszenia sformułowany model dynamiczny zweryfikowano w zakresie częstotliwości do ok. 30 Hz. W części badań wykorzystano rozważane zawieszenie 5-wahaczowe jako mechanizm do prowadzenia osi koła względem bieżni stanowiska oraz jako czujnik do pośredniego pomiaru wybranych składowych obciążenia wspornika koła.

3.2. Badanie oporów ruchu układu kierowniczego

W pracach [C5, D5, 10] rozważano wpływ parametrów sztywności i tarcia przegubów kulowych układu kierowniczego i zawieszenia z kolumną McPhersona na charakterystyki siłowe i tłumienie drgań w układzie kierowniczym. W pracy [D5] analizowano wyniki badań oporów ruchu w układzie kierowniczym z przekładnią zębatkową i zawieszeniu McPhersona, uzyskane na stanowisku pomiarowym. Charakterystykę siłową układu kierowniczego przedstawiono w postaci zależności momentu obrotowego na kole kierownicy od kąta jej skrętu. Wyznaczono wskaźniki, których pożądane wartości wykorzystuje się jako kryteria oceny obiektywnej, np. tangens kąta nachylenia charakterystyki określony jako tzw. współczynnik stabilizacji powinien być dodatni, aby zapewnić samoczynny powrót układu do ustawienia do jazdy na wprost w całym zakresie kąta skrętu. Określono wpływ częstotliwości wymuszenia harmonicznego (w zakresie do 3 Hz) i zmian obciążenia na współczynniki stabilizacji i nieczułości układu. Natomiast wskaźniki opisujące odpowiednie tłumienie drgań służą do oceny subiektywnej. Opracowano model układu zawierający elementy inercyjne i sprężyste oraz uwzględniający tarcie Coulomba. Porównano estymaty parametrów modelu (momenty sił tarcia i współczynniki sztywności) otrzymane na podstawie wyników badań wykonanych przy różnych warunkach wymuszeń i obciążeń.

W pracy [C5] przedstawiono wyniki badań stanowiskowych małego samochodu osobowego z napędem kół przednich, przy czym unieruchomiono oś piasty jednego koła względem podstawy, tak aby zwrotnica mogła wykonywać tylko przemieszczenie kątowe wokół osi piasty, natomiast nadwozie mogło wykonywać małe przemieszczenia przestrzenne względem zwrotnicy, odpowiadające przemieszczeniom zawieszenia przy ruchu resorowania. Odkształcenia sprężyste wałka kolumny kierowniczej i innych elementów układu kierowniczego wynikające z przenoszonych obciążeń powodują zmiany przełożenia dynamicznego w układzie kierowniczym. W modelu zawieszenia uwzględniono podatności tulejek wahacza, wyznaczone na podstawie wyników pomiarów. Charakterystyka sztywności zawieszenia w kierunku pionowym, w zakresie przemieszczeń najczęściej występujących podczas eksploatacji, jest zbliżona do liniowej. Jedynie w pobliżu skrajnych przemieszczeń (np. występujących przy najeździe koła na krawężnik) wykazuje znaczną nieliniowość. Progresywna charakterystyka zawieszenia wynika z warunków biernego bezpieczeństwa jazdy, np. ograniczenia maksymalnych ugięć zawieszenia i przechyłów nadwozia.

3.3. Badania stanowiskowe opon

W pracy [C3] przedstawiono wyniki badań wpływu zmian kąta znoszenia i obciążenia koła samochodu na zdolność przenoszenia sił stycznych. Badania wykonano na stanowisku bębnowym firmy Hasbach, wyposażonym w piastę Kistlera do pomiaru składowych sił i momentów sił oddziaływania piasty na obręcz koła. Wyznaczono charakterystyki znoszenia opon, tzn. zależności siły poprzecznej i momentu stabilizacyjnego od kąta znoszenia i siły nacisku w warunkach ustalonych oraz w warunkach zmiennych, przy czym wymuszano harmoniczne zmiany kąta znoszenia i siły nacisku o różnej częstotliwości (do 5 Hz) i różnej amplitudzie. Przyjęto model dynamiczny opony, opisany równaniem różniczkowym zwyczajnym II rzędu, którego parametry estymowano na podstawie wyników badań.

Na podstawie wyników badań stanowiskowych i symulacji stwierdzono zmniejszenie wartości siły poprzecznej i zwiększenie przesunięcia fazowego wraz ze zwiększaniem częstotliwości i amplitudy wymuszeń w postaci pulsacji siły nacisku koła do jezdni i zmian kąta znoszenia. Zakres częstotliwości, w którym występuje istotne zmniejszenie tej zdolności, jest zależny przede wszystkim od ciśnienia wewnętrznego i prędkości obrotowej.

3.4. Modelowanie i analiza układu samochód–stanowisko bębnowe do badań hamulców

W pracy [B4] przedstawiono analizę porównawczą diagnostycznych metod badań hamulców na stanowiskach rolkowych i bębnowych oraz zaproponowano nową metodę kontroli układów przeciwblokujących (ABS). Opracowano model układu samochód–stanowisko bębnowe z masami wirującymi uwzględniający sprężyste odkształcenia zawieszonych kół i opon. Model ten wykorzystano do analizy wpływu parametrów zawieszonych i opon na przebieg sił hamujących wyznaczanych pośrednio przez pomiar opóźnień mas wirujących. Analizowano wpływ wymuszenia zmiennymi momentami hamującymi kół przednich i tylnych na drgania pionowe i przechyłowe nadwozia. Opracowano kryteria oceny poślizgu kół i współczynnika wykorzystania przyczepności w okresie działania układu ABS. Model zweryfikowano, wykonując badania samochodów z układami ABS na prototypowym stanowisku bębnowym.

4. Modelowanie i badania poligonowe ruchu samochodu

4.1. Model dynamiczny samochodu z zawieszeniem typu McPhersona

W pracy [C7] przedstawiono model dynamiczny samochodu uwzględniający właściwości elastokinematyczne i sprężysto-tłumiące zawieszonych i opon. Model matematyczny opracowano za pomocą metody mocy wirtualnych (zasady Jourdaina). Wykonano weryfikacyjne badania poligonowe, obejmujące próby ustalonej jazdy po okręgu, wymuszenia skokowego obrotem koła kierownicy i podwójnej zmiany pasa ruchu. Wyznaczono charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe reakcji samochodu na wymuszenia w postaci pseudolosowych skrętów koła kierownicy. Wyniki analizy dynamicznych obciążeń połączeń wahaczy i kolumny z nadwoziem oraz drążka kierowniczego dotyczą przejazdów przez nierówności drogi o różnym profilu, np. trapezowym.

4.2. Model dynamiczny samochodu z zawieszeniem pięciowahaczowym

W pracy [C8] przyjęto model dyskretny samochodu o 36 stopniach swobody, który podzielono na podukłady: nadwozie z zawieszzeniami kół, kierowniczy, napędowy i hamulcowy. Równania ruchu tych podukładów wyprowadzono za pomocą zasady Jourdaina. Siły oddziaływania jezdni na opony wyznaczano za pomocą modelu opon (TMeasy), w którym uwzględniono zależność wypadkowej reakcji jezdni na koło od współczynnika przyczepności opony do nawierzchni drogi. Stwierdzono, że sprzężenia masowe pomiędzy podukładami są słabe, a częstotliwości ruchu ich elementów różnią się znacznie. Model pojazdu uzupełniono o model wirtualnego kierowcy, funkcjonujący jako regulator PID i wykorzystano do symulacji ruchu samochodu po zadanym torze. Wyznaczono obciążenia dynamiczne poszczególnych podukładów w zależności od parametrów ruchu.

4.3. Badania stateczności i kierowności samochodu

Pod kierunkiem prof. Adama Kleczkowskiego opracowano metodykę badań kierowności samochodów i pojazdów wieloczłonowych za pomocą pomiarów prędkości z zastosowaniem czujników korelacyjno-optycznych (Correvit). Metoda została zweryfikowana na podstawie wyników badań poligonowych kilkudziesięciu samochodów, a następnie została przyjęta jako norma zakładowa w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym BOSMAL w Bielsku-Białej.

W pracach [A2 i B3] sformułowano złożony model samochodu z wykorzystaniem formalizmu Lagrange'a. Zastosowano modele funkcjonalne zawieszzeń w postaci charakterystyk sztywności i przemieszczeń, wyznaczonych na podstawie badań stanowiskowych. Opracowano model układu kierowniczego uwzględniający podatności i tarcie suche w połączeniach ruchowych. Przyjęto model opony Dugoffa-Uffelmanna. Zakres rozpatrywanych częstotliwości ograniczono do 5 Hz. Przyjęty model samochodu wykorzystano do symulacji reakcji samochodu na wymuszenia siłowe i kinematyczne, do wyznaczenia sił napędowych lub hamujących poszczególne koła w funkcji czasu, a zatem symulowania układów przeciwdziałających blokowaniu kół przy hamowaniu (ABS) i przeciwdziałających poślizgowi przy rozpędzaniu (ASR).

W pracy [B3] przedstawiono wyniki badań poligonowych samochodu, np. przy wymuszeniu skokowym skrętem koła kierownicy. Zaproponowano optymalizację dynamiczną regulacji momentów hamujących poszczególnych kół, która może być wykorzystana do sterowania układem stabilizacji kierunkowej pojazdu (ESP).

Wykaz ważniejszych publikacji naukowych

A. Monografie i podręczniki

- [1] Morecki A., Knapczyk J., Kędzior K., *Teoria mechanizmów i manipulatorów*, WNT, Warszawa 2002 (Knapczyk J., rozdz. 7: *Mechanizmy przestrzenne i specjalne*).
- [2] Adamiec-Wójcik I., Grzegózek W., Wojciech S., *Komputerowe modelowanie dynamiki pojazdów*, Wyd. PK, Kraków 2003.

- [3] Kuranowski A., Mirska-Świątek M., *Mechanizmy wspomagające w pojazdach samochodowych*, Część I, *Układy kierownicze*, Skrypt, Wyd. PK, Kraków 2002.
- [4] Praca zbiorowa: *Problematyka Prawna i Techniczna Wypadków Drogowych*, Wyd. Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 1995 (rozdz. 24: *Powypadkowa Diagnostyka Pojazdów Samochodowych*).
- [5] Praca zbiorowa: *Vademecum biegłego sądowego*, Wyd. Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2002 (rozdz.: *Stany awaryjne zespołów samochodowych i ich powypadkowa diagnostyka*).

B. Prace habilitacyjne

- [1] Struski J., *Quasi-statyczne modelowanie sterowności samochodu*, Wyd. PK, Monografia nr 144, Kraków 1993.
- [2] Romaniszyn K., *Badanie i modelowanie dynamiki układów napędowych samochodów*, Wyd. PK, Monografia nr 232, Kraków 1998.
- [3] Grzegożek W., *Modelowanie dynamiki samochodu przy stabilizującym sterowaniu siłami hamowania*, Wyd. PK, Monografia nr 275, Kraków 2000.
- [4] Gajek A., *Modelowanie i analiza układu samochodu – stanowisko bębnowe do badań i diagnostyki hamulców*, Wyd. PK, Monografia nr 280, Kraków 2002.

C. Prace doktorskie

- [1] Dzierżek S., *Wpływ parametrów konstrukcyjnych na charakterystyki elasto-kinematyczne mechanizmu wielołącznikowego zawieszenia kół tylnych samochodu*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 1995 (promotor J. Knapczyk, praca wyróżniona).
- [2] Tora G., *Analiza mechanizmów typu platforma o ruchu sferycznym z uwzględnieniem podatności więzów*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 1995 (promotor J. Knapczyk).
- [3] Gansiniec O., *Wpływ zmian kąta znoszenia i obciążenia koła samochodu na zdolność przenoszenia sił stycznych*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 2001 (promotor J. Knapczyk).
- [4] Maniowski M., *Analiza drgań wspornika koła samochodu wymuszonych pulsacjami momentu hamującego*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 2005 (promotor J. Knapczyk, praca wyróżniona).
- [5] Niemczyk G., *Wpływ podatności i tarcia w przegubach na charakterystyki siłowe układu kierowniczego samochodu*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 2005 (promotor J. Knapczyk).
- [6] Janczur R., *Analityczno-eksperymentalna metoda badań sterowności samochodu*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 2003 (promotor J. Struski).
- [7] Walczak S., *Analiza dynamicznych obciążeń różnych typów niezależnego zawieszenia kół samochodu*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 2004 (promotor J. Struski).
- [8] Wach W., *Model dynamiki poprzecznej samochodów z zawieszzeniami wielołącznikowymi o jednym stopniu ruchliwości*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 2004 (promotor J. Struski).
- [9] Wnęk H., *Analiza wpływu promienia zataczania na przebieg procesu hamowania pojazdu wyposażonego w ABS, ATH, Bielsko-Biała 2005* (promotor W. Grzegożek).

- [10] Kowalski M., *Optymalizacja wymiarowa wybranych mechanizmów wielowahaczowych zawiesznień samochodów*, Wydział Mechaniczny PK, Kraków 2006 (promotor A. Grzyb).

D. Artykuły w periodykach o zasięgu międzynarodowym

- [1] Knapczyk J., Dzierżek S., *Displacement and Force Analysis of Five-Rod Suspension with Flexible Joints*, Transactions of the ASME, Journal of Mechanical Design, Vol. 117, No. 4, 1995.
- [2] Knapczyk J., Dzierżek S., *Elastokinematic Analysis of Five-Rod Suspension with Flexible Joints, Including Effects of Shock Absorber*, Vehicle System Dynamics, Suppl., Vol. 29, Swets and Zeitlinger, Lisse 1998.
- [3] Knapczyk J., Maniowski M., *Elastokinematic modeling and study of five-rod suspension with subframe*, Mechanism and Machine Theory, Elsevier, Vol. 41, 2006.
- [4] Knapczyk J., Maniowski M., *Synthesis of a five-rod suspension for given load-displacement characteristics*, Proc. ImechE, Vol. 220, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2006.
- [5] Knapczyk J., Maniowski M., *Experimental rig study on resistance forces in car steering system with rack and pinion*, The Archive of Mechanical Engineering, Vol. 51, No. 2, Warszawa 2004.
- [6] Knapczyk J., Maniowski M., *Dimensional synthesis of a five-rod guiding mechanism for car front wheels*, The Archive of Mechanical Engineering, Vol. 50, No. 1, Warszawa 2003.
- [7] Knapczyk J., Maniowski M., *Selected effects of bushings characteristics on five-link suspension elastokinematics and in-plane dynamics*, Mobility and Vehicles Mechanics, Vol. 8, No. 1-2, Kragujevac 2002 (współautor M. Maniowski).
- [8] Knapczyk J., Dzierżek S., *Elastokinematical Analysis of the Five-Rod Suspension Considering Joint's Elasticities*, Proc. of the 9th World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Vol. 4, Milano 1995.
- [9] Knapczyk J., Dzierżek S., *Position-Force Synthesis of Five-Rod Suspension Mechanism*, Proc. of the 10th World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Oulu 1999.
- [10] Harlecki A., Knapczyk J., *Forward dynamics of a car front wheel guiding linkage and identification of physical parameters*, Proc. of the World Congress on Mechanism and Machine Science, Vol. 5, Tianjin 2004.
- [11] Knapczyk J., Dzierżek S., *Analysis of the Spatial Compliance of the Multi-Link Suspension System*, Advanced Multibody Systems and Mechatronics, Gerhard-Mercator-Universität, Duisburg 1999.
- [12] Knapczyk J., Maniowski M., *Modelling and parametr estimation of the five-rod suspension-subframe system under variable brake torque*, Proc. of the 19th IAVSD Symp. The Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks, paper nr 89, Milano 2005.
- [13] Grzegózek W., Wojciech S., *Time – Domain Optimisation of Braking Torque for the ESP System*, The Archive of Mechanical Engineering, Vol. 49, No. 1, Warszawa 2002.

- [14] Grzeżożek W., Polański A., Świder P., *A New Approach to Crash Modelling of Articulated Lorries*, The Archive of Mechanical Engineering, Vol. 50, No. 1, 2003.
- [15] Lozia Z., Pieniążek W., *Real Time 7 DOF Vehicle Dynamics Model and its Experimental Verifications*, SAE Technical Papers 2002-01-1184, Proceedings of SAE, World Congress Detroit, USA, Michigan 2002.
- [16] Pieniążek W., Wojs J., *Experimental Research of the Steerability of Car Equipped with Devices for Handicapped Drivers*, Proc. of the 6th Mini Conf. on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, VSDIA '98, Budapest 1998.
- [17] Pieniążek W., Pieniążek A., *The Analytical Research of Response of the Car with Freedom to Roll on Stochastic Steering Input*, Proceedings of the 7th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies VSDiA 2002, Budapest 2002.
- [18] Pieniążek W., Warszczyński J., Piotrowski B., *Research of Influence of Type of Tyres to Stability and Steerability of Automobile*, Poster 17th Slovak Rubber Conference, Chemické Listy – Abstract Book, 99(s), Bratislava 2005.
- [19] Nawalany T., Rzymkowski C., Wojs J., *Evaluation of impact of different degrees of limb dysfunction on passive safety of car driver/passenger*, Proceedings of the International Crashworthiness Conference „ICrash 2000”, Royal Aeronautical Society, London 2000.
- [20] Pieniążek W., Wojs J., *Experimental research of cars equipped with devices for handicapped drivers including active safety*, Proceedings of Conference Biomechanics of Impacts, Vehicle passive safety problems in Central and Eastern Europe, Wyd. Delft 2001.
- [21] Gajek A., *Evaluation of ABS operation on drum test*, The Archive of Mechanical Engineering, Vol. 49, z. 4, Warszawa 2002.

E. Publikacje w wydawnictwach o zasięgu krajowym

- [1] Kleczkowski A., *Proste ujęcie wpływu podatności zawiesznień i układów kierowniczych na kierowność samochodu*, Badania symulacyjne w technice samochodowej, PAN, Lublin 1995.
- [2] Kleczkowski A., *Wyznaczanie poprzecznego przyspieszenia samochodu w czasie badań kierowności bez stabilizacji czujnika*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN, z. 6, Kraków 1995.
- [3] Kleczkowski A., *Dobór modelu dla charakterystyki odporności na znoszenie ogumienia przy wykorzystaniu pomiarów przeprowadzonych w czasie jazdy po okręgu*, Materiały Konferencyjne AUTOPROGRES '95, sekcja 1 Konstrukcja i badania samochodów, Jachranka 1995.
- [4] Kleczkowski A., *Moment obrotowy na kierownicy występujący w czasie ustalonej jazdy po okręgu*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN, z. 8, Kraków 1996.
- [5] Kleczkowski A., *Wpływ rozdziału siły bocznej między koło zewnętrzne i wewnętrzne na przechył nadwozia*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN, z. 12, Kraków 1997.

- [6] Kleczkowski A., *Drgania w zawieszeniach jezdnych wywołane oscylacjami momentu hamującego*, Pojazdy samochodowe. Problemy rozwoju, jakości, eksploatacji, Materiały Konferencyjne, t. I, 1998.
- [7] Kleczkowski A., *Porównanie samochodu z czterema kołami kierowanymi (4WS) i samochodu z indywidualnym przyhamowywaniem kół (DSC)*, Doskonalenie konstrukcji oraz metod eksploatacji pojazdów mechanicznych, zbiór referatów, cz. I, Warszawa 1999.
- [8] Kleczkowski A., *Przenoszenie oscylacji momentu hamującego do koła kierownicy*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, nr 40, Warszawa 2001.
- [9] Knapczyk J., Dzierżek S., *Some Design Problems of Multi-Link Rear Wheel Suspension*, Selected Problems of Structural Mechanics, Machine Design, Production Engineering, Motor and Railway Vehicles and Organic Chemistry, 50th Anniversary of Cracow University of Technology, Vol. 3, Cracow 1995.
- [10] Knapczyk J., Dzierżek S., *Struktura i kinematyka zawiesznień wielowahaczowych*, Materiały 5 Międzynarodowej Konf. Badania Symulacyjne w Technice Samochodowej, Lublin 1995.
- [11] Knapczyk J., Kapanowski J., *Analiza przemieszczeń i sił w przegubach zawieszenia dwuwahaczowego kół kierowanych samochodu osobowego*, Archiwum Motoryzacji, nr 3–4, PWN, Warszawa 1996.
- [12] Knapczyk J., Dzierżek S., Kapanowski J., *Wpływ tłumienia amortyzatora na obciążenia zawieszenia pięcio-wahaczowego przy wymuszeniu kinematycznym*, Teka Komisji Nauk.-Probl. Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 8, Kraków 1996.
- [13] Knapczyk J., Kuranowski A., Lisowski E., Niemczyk G., *Metoda stanowiskowego badania podatności przegubów kulowych zawiesznień i układów kierowniczych samochodów*, Materiały Konf. KONMOT '96, t. 2, Pojazdy samochodowe, Kraków 1996.
- [14] Knapczyk J., *Synteza strukturalna wielowahaczowych zawiesznień kół samochodu*, Materiały 16 Ogólnop. Konf. Nauk. Teorii Maszyn i Mechanizmów, Wyd. PRz., Rzeszów 1998.
- [15] Knapczyk J., *Metody analizy wielowahaczowych zawiesznień kół samochodu*, Teka Komisji Nauk.-Probl. Motoryzacji, PAN O. Kraków, z. 16, 1998.
- [16] Knapczyk J., Walczak S., *Badania drgań przestrzennych zwrotnicy koła samochodu wywołanych przez nierówności drogi*, Materiały VII Międz. Konf. Nauk. Badania Symulacyjne w Technice Samochodowej, Kazimierz 1999.
- [17] Knapczyk J., Romaniszyn K., *Wpływ ruchów resorowania mostu napędowego na drgania skrotne wału z przegubami krzyżakowymi*, Materiały VII Międzynarodowego Sympozjum Instytutu Pojazdów Mechanicznych WAT, Warszawa 1999.
- [18] Knapczyk J., Dzierżek S., *Analysis of Spatial Compliance of the Five-Link Suspension*, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Filia w Bielsku-Białej, nr 39, Bielsko-Biała 2001.
- [19] Knapczyk J., Maniowski M., *Sztywność mechanizmu prowadzenia kół samochodu w ujęciu macierzowym*, Teka Komisji Nauk.-Probl. Motor. PAN O. Kraków, z. 22, Kraków 2001.

- [20] Knapczyk J., Gansiniec O., Maniowski M., *Charakterystyki opony samochodowej (175/70R14)*, Teka Komisji Nauk.-Probl. Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 22, Kraków 2001.
- [21] Knapczyk J., Maniowski M., *Synteza wymiarowa pięciowahaczowego mechanizmu prowadzenia kół przednich samochodu*, Teka Komisji Nauk.-Probl. Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 22, Kraków 2002.
- [22] Knapczyk J., Niemczyk G., *Wpływ podatności i tarcia w przegubach na charakterystyki siłowe układu kierowniczego samochodu*, Prace Naukowe Inst. Konstr. i Ekspł. Maszyn Politechniki Wrocławskiej, nr 85, Wrocław 2002.
- [23] Knapczyk J., Maniowski M., *Porównanie uproszczonych modeli dynamicznych opony toczącej się ze znośaniem*, Materiały Autoprogres-Konmot, Warszawa 2002.
- [24] Knapczyk J., Maniowski M., *Badania stanowiskowe oporów w układzie kierowniczym samochodu osobowego*, Materiały VIII Międzynarodowego Sympozjum IPM, WAT, „Doskonalenie konstrukcji oraz metod eksploatacji pojazdów mechanicznych”, Warszawa-Rynia 2002.
- [25] Knapczyk J., Niemczyk G., *Badanie momentów sił reakcji w przegubach układu kierowniczego*, Czasopismo Techniczne, z. 7-M/2004, Wyd. PK, Kraków 2004.
- [26] Knapczyk J., Maniowski M., *Badanie ruchu wspornika osi koła samochodu na podstawie pomiarów przyspieszeń*, Czasopismo Techniczne, z. 7-M/2004, Wyd. PK, Kraków 2004.
- [27] Knapczyk J., Maniowski M., *Model mechanizmu prowadzenia kół samochodu uwzględniający odkształcenia łączników elastomerowych*, [w:] *Teoria Maszyn i Mechanizmów*, Wojnarowski J., Uhl T. (red.), AGH, Kraków 2004.
- [28] Knapczyk J., Góra M., *Analiza przemieszczeń mechanizmu wielowahaczowego, prowadzącego zwrotnicę koła samochodu osobowego*, [w:] *Teoria Maszyn i Mechanizmów*, Wojnarowski J., Uhl T. (red.), AGH, Kraków 2004.
- [29] Knapczyk J., Góra M., Maniowski M., *Zmiany orientacji koła względem jezdni wywołane przechyłem nadwozia samochodu*, Teka Komisji Nauk.-Probl. Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 29–30, Kraków 2005.
- [30] Knapczyk J., Maniowski M., *Charakterystyka elastokinematyczna wielowahaczowego zawieszenia koła samochodu z ramą pomocniczą*, Teka Komisji Nauk.-Probl. Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 29–30, Kraków 2005.
- [31] Knapczyk J., Niemczyk G., *Badania symulacyjne wpływu momentów tarcia przegubów na siły w drążkach kierowniczych*, Teka Komisji Nauk.-Probl. Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 29–30, Kraków 2005.
- [32] Grzegózek W., *Badania wpływu regulowanego momentu tarcia w mechanizmie różnicowym na przebieg hamowania pojazdu wyposażonego w ABS*, Materiały Konf. Hamulcowej, Łódź 1997.
- [33] Grzegózek W., *The Analysis of the Possibilities of Drive Line Loads Reduction during Braking 4WD Vehicle Equipped with ABS*, 6th Mini Conference on Vehicle System Dynamics Identification and Anomalies, Budapest 1998.
- [34] Grzegózek W., Jordan W., Świder P., *Założenia modelowe programu SMASH do symulacji przebiegu wypadku*, Mat. Konf. „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych”, Zakopane 1998.

- [35] Grzegożek W., Pieniążek W., Warszczyński J., *Wyznaczanie wskaźników kierowności samochodu na podstawie badań eksperymentalnych przy użyciu dwóch zintegrowanych głowic CORREVIT*, Mat. Konf. Autoprogres'98, t. 1, Warszawa 1998.
- [36] Grzegożek W., Maniowski M., *Analiza teoretyczna i doświadczalna układu wykonawczego o regulacji ciągłej dla systemów poprawiających stabilność ruchu pojazdu*, Mat. Konf. „Doskonalenie konstrukcji oraz metod eksploatacji pojazdów mechanicznych”, t. 1, Warszawa–Rynia 1999.
- [37] Grzegożek W., Jordan W., Świder P., *Przykłady zastosowań programu SMASH do rekonstrukcji przebiegu wypadku*, Mat. Konf. „Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego”, Kielce 2000.
- [38] Grzegożek W., Wojciech S., *A New Approach To Vehicle Motion Modelling*, 4th Euromech Solid Mechanics Conference, Abstracts 516, Metz 2000.
- [39] Grzegożek W., Pieniążek W., *Eksperymentalne badanie stateczności samochodu osobowego wyposażonego w ABS podczas hamowania na łuku drogi*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, nr 1(40), Warszawa 2001.
- [40] Grzegożek W., Wojciech S., Harlecki A., Polański A., *Plaski model samochodu z przyczepą*, Zeszyty Naukowe Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Samochodów Małolitrażowych BOSMAL, nr 1, Bielsko-Biała 2002.
- [41] Grzegożek W., Adamiec-Wójcik I., Warwas K., *Optymalizacja momentów hamujących w celu oceny system ESP*, XVIII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Dydaktyczna Teorii Maszyn i Mechanizmów, Wrocław 2002.
- [42] Grzegożek W., Wojciech S., Adamiec-Wójcik I., *Modelowanie dynamiki pojazdów wielocłonowych*, XVIII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Dydaktyczna Teorii Maszyn i Mechanizmów, Wrocław 2002.
- [43] Grzegożek W., Polański A., *Symulacja ruchu pojazdów wielocłonowych z uwzględnieniem tarcia w połączeniach*, XVIII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Dydaktyczna Teorii Maszyn i Mechanizmów, Wrocław 2002.
- [44] Grzegożek W., Polański A., Świder P., *Crashes of Articulated Lorries*, 8th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest.
- [45] Grzegożek W., Wojs J., *Zagadnienie łagodnego ruszania z miejsca samochodów dla niepełnosprawnych kierowców*, Przegląd Lekarski, t. 59, supl. 4/2002.
- [46] Grzegożek W., Wojciech S., Adamiec-Wójcik I., *Dynamics Analysis of Articulated Lorries*, 8th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest.
- [47] Grzegożek W., Ślusarczyk P., *Wpływ zmian wybranych parametrów pojazdu jednośladowego na stabilność kierunkową układu kierowca-motocykl*, IX Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Badania Symulacyjne w Technice Samochodowej”, Kazimierz Dolny nad Wisłą, 2003.
- [48] Grzegożek W., Warwas K., *Dobór momentów hamujących stabilizujących ruch pojazdu przy wykonywaniu manewru wyprzedzania*, IX Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Badania Symulacyjne w Technice Samochodowej”, Kazimierz Dolny nad Wisłą 2003.

- [49] Grzegożek W., Wojs J., *Bezpieczeństwo przewozu pojazdami samochodowymi osób niepełno sprawnych ruchowo – wybrane zagadnienia*, Mat. Konf. „Rozwój techniki samochodowej a ubezpieczenia komunikacyjne”, I Konferencja Naukowo-Techniczna, Radom 2003.
- [50] Grzegożek W., Polański A., Świder P., *Analiza możliwości zastosowania metody rozwijania siły zderzenia dla celów rekonstrukcji wypadków drogowych*, Paragraf na drodze 7/2003, Wyd. IES, Kraków 2003.
- [51] 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, Wyd. IES, Kraków 2003.
- [52] Grzegożek W., Świder P., *Manewr podwójnej zmiany pasa ruchu. Próba oceny programów do rekonstrukcji wypadków drogowych*, Czasopismo Techniczne, z. 7-M/2004, Wyd. PK, Kraków 2004.
- [53] Grzegożek W., Adamiec-Wójcik I., Warwas K., *Optymalizacja momentów hamujących pojazdów przy zastosowaniu algorytmów genetycznych*, Czasopismo Techniczne, z. 7-M/2004, Wyd. PK, Kraków 2004.
- [54] Grzegożek W., Ślusarczyk P., *Badania symulacyjne nieliniowego modelu motocykla z więzami nieholonomicznymi*, Teka Komisji Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 29–30, Kraków 2005.
- [55] Grzegożek W., Wnęk H., *Analiza numeryczna wpływu promienia zataczania na przebieg procesu hamowania pojazdu na nawierzchni typu μ -split*, Teka Komisji Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 29–30, Kraków 2005.
- [56] Grzegożek W., Wnęk H., *Analiza możliwości wykorzystania wysiłku kierowcy do oceny zachowania się pojazdu hamowanego na nawierzchni typu μ -split*, Czasopismo Techniczne, z. 3-M/2005, Wyd. PK, Kraków 2005.
- [57] Kuranowski A., *Wpływ tłumienia amortyzatora na obciążenia zawieszenia McPhersona przy wymuszeniu ruchu resorowania*, V Konferencja Międzynarodowa „Badania Symulacyjne w Technice Samochodowej”, Kazimierz Dolny nad Wisłą 1995.
- [58] Kuranowski A., *Metoda stanowiskowego badania podatności przegubów kulowych i zawiesz i układów kierowniczych samochodów*, Konferencja KONMOT '96, Kraków–Szczawnica 1996 (współautor J. Knapczyk, E. Lisowski, G. Niemczyk).
- [59] Kuranowski A., *Wyznaczenie współczynnika tłumienia w zawieszeniu samochodu na podstawie pomiaru przyspieszeń nadwozia i koła*, Czasopismo Techniczne, z. 6-M/1998, Wyd. PK, Kraków 1998 (współautor W. Pieniążek).
- [60] Kuranowski A., *Analiza wyników badań skuteczności hamowania samochodów osobowych w warunkach stanowiskowych i drogowych*, V Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka pojazdów samochodowych”, Katowice 2000 (współautor A. Gajek).
- [61] Kuranowski A., *Skręt w lewo przyczyną wypadku drogowego. Dyskusja nad jednolitym sposobem opiniowania*, Paragraf na drodze 8, Wyd. IES, Kraków 2002 (współautor P. Świder).
- [62] Kuranowski A., *Szczególne przypadki diagnozowania samochodów po wypadkach drogowych*, Rozwój techniki samochodowej a ubezpieczenia komunikacyjne, I Konferencja Naukowo-Techniczna, Wyd. Wyższa Szkoła Biznesu im. Biskupa Jana Chrapka, Radom 2003 (współautor W. Pieniążek, S. Wolak).

- [63] Kuranowski A., *Badania współczesnych przekładni kierowniczych. Samochód Skoda Fabia*, IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych”, Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2004 (współautor M. Mirska-Świątek, S. Wolak).
- [64] Kuranowski A., Pieniążek W., Wolak S., *Powypadkowa diagnostyka pojazdów drogowych*, IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych”, Wyd. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2004.
- [65] Kuranowski A., *Rotacja samochodu wokół osi pionowej. Problemy techniczno-rekonstrukcyjne*, Materiały II Konferencji Naukowo-Technicznej „Rozwój techniki samochodowej a ubezpieczenia komunikacyjne”, Radom 2004.
- [66] Kuranowski A., Mirska-Świątek M., *Badania współczesnych przekładni kierowniczych. Samochód FIAT Punto*, Międzynarodowa Konferencja Motoryzacyjna Konmot-Autoprogres „Bezpieczeństwo i ekologia pojazdów”, Czasopismo Techniczne, z. 6-M/2004, Wyd. PK, Kraków 2004.
- [67] Kuranowski A., *Zvláští případy brzdění osobních automobilů před a na přechodech pro chodce*, Mezinárodní Konference Znalců – Analytiků Dopravních Nehod 2005 „Nehody s chodci nejen na přechodech”, Brno 2005.
- [68] Pieniążek W., *The Car Steerability Research on the Basis of Frequency Response Characteristics to Random Steering Input*, Selected Problems of Structural Mechanics, Machine Design, Motor and Railway Vehicles, Cracow University of Technology, Anniversary issue, v. 3, Kraków 1995.
- [69] Pieniążek W., *Porównanie niektórych wskaźników kierowności samochodów ciężarowych o różnym nadwoziu i tym samym podwoziu*, Zeszyty Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, nr 3(15), Warszawa 1995.
- [70] Pieniążek W., *Obiektywne i subiektywne badania eksperymentalne samochodu osobowego podczas podwójnej zmiany pasa ruchu*, Zeszyty Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, nr 2(20), Warszawa 1996.
- [71] Pieniążek W., Warszczyński J., *Wskaźniki kierowności i stateczności samochodu jako kryteria oceny jakości opon – możliwości, doświadczenia*, Elastomery, t. 4, nr 2–3 (21–22), Warszawa 2000.
- [72] Pieniążek W., *Badania Samochodów*, Samochody Specjalne, t. 4, nr 3, Warszawa 2000.
- [73] Pieniążek W., Warszczyński J., Piotrowski B., *Badanie wpływu opon na kierowność samochodu z zastosowaniem eksperymentalnych prób ESV (RSV)*, Elastomery, t. 5, nr 4 (29), Warszawa 2001.
- [74] Pieniążek W., *Wpływ typu tylnego zawieszenia samochodu osobowego na jego kierowność*, TeKa Komisji Naukowo-Problem. Motoryz. PAN, z. 8, Kraków 1996.
- [75] Pieniążek W., *The Truck Steerability Research by the Means of Transient Open Loop Response Test Method with Random Steering Input*, Preceedings of 5th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest 1996.
- [76] Pieniążek W., Pieniążek A., *Badanie kierowności samochodu przy wymuszeniu stochastycznym obrotem kierownicy*, TeKa Kom. Naukowo-Problem. Motoryzacji PAN, z. 8, Kraków 1998.

- [77] Pieniążek W., *Metodyka eksperymentalnych badań kierowności samochodu oparta na pomiarze składowych wektora prędkości dwóch punktów nadwozia*, Teka Kom. Naukowo-Problem. Motoryzacji PAN, Kraków 1998 (współautor J. Warszczyński).
- [78] Pieniążek W., Kuranowski A., *Wyznaczanie współczynnika tłumienia w zawieszaniu samochodu na podstawie pomiaru przyspieszeń nadwozia i koła*, Czasopismo Techniczne, z. 6-M/2004, Wyd. PK, Kraków 1998.
- [79] Pieniążek W., Wojs J., *Experimental Research of the Steerability of Car Equipped with Devices for Handicapped Drivers*, Proc. of the 6th Mini Conf. on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, VSDIA'98, Budapest 1998.
- [80] Pieniążek W., Januszewski W., *Eksperymentalne badanie stateczności i kierowności samochodu mololitrażowego przy różnych wartościach tarcia w układzie kierowniczym*, Mat. Konfer. „Problemy bezpieczeństwa w Pojazdach Samochodowych”, Kielce–Cedzyna 1998.
- [81] Pieniążek W., Zębala J., Reza A., *Badania porównawcze dróg hamowania, śladów hamowania i osiąganych opóźnień samochodów osobowych*, cz. 1, Mat. V Konf. „Problemy Rekonstrukcji wypadków drogowych”, Zakopane 1998.
- [82] Pieniążek W., Januszewski W., *Eksperymentalne badanie samoczynnego powrotu do jazdy na wprost samochodu małowitrazowego przy różnych wartościach tarcia w układzie kierowniczym*, Mat. Konfer. AUTOPROGRES '98, t. 3, Jachranka 1998.
- [83] Pieniążek W., Grzegozek W., Warszczyński J., *Wyznaczanie wskaźników kierowności samochodu na podstawie badań eksperymentalnych przy użyciu dwóch głowic CORREVIT*, AUTOPROGRES '98, t. 1, Jachranka 1998.
- [84] Pieniążek W., Lozia Z., Guzek M., *Weryfikacja eksperymentalna modelu symulacyjnego stosowanego w symulatorze jazdy samochodem*, Zeszyty IPPW, nr 4 (34), Warszawa 1999.
- [85] Pieniążek W., *The Car Stability Research on the Basis of Frequency Response Characteristics to Random Steering Input*, Selected Problems of Machine Design, Anniversary Issue, v. 3, Cracow Univ. of Technology, Kraków 1999.
- [86] Pieniążek W., *Badanie wpływu przedniego napędu na kierowność terenowego samochodu ciężarowego*, Mat. VII Miedzynar. Sympozjum IPM WAT, Warszawa–Rynia 1999.
- [87] Pieniążek W., Warszczyński J., Piotrowski B., *The Estimation of Tires Properties on the Basis of the factors of Car Steerability and Stability Factors*, Proceedings of the 12th International Rubber Conference, Puchov, Slovakia 2000.
- [88] Pieniążek W., Grzegozek W., *Eksperymentalne badanie stateczności samochodu osobowego wyposażonego w ABS podczas hamowania na łuku drogi*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów PW, nr 1(40), Warszawa 2001.
- [89] Pieniążek W., Wojs J., *Experimental Research of Cars Equipped with Devices for Handicapped Drivers Including Active Safety*, Proceedings of Workshop Biomechanics of Impact/Vehicle Passive Safety Problems in Central and Eastern Europe, Warszawa 2001.
- [90] Pieniążek W., Pieniążek A., *Badanie kierowności samochodu na podstawie modelu uwzględniającego przechył poprzeczny, przy stochastycznym wymuszeniu obrotem kierownicy*, Teka Komisji Naukowo-Problemowej Motoryzacji PAN, z. 22, Kraków 2001.

- [91] Pieniążek W., Pieniążek A., *The Analytical Research of Response of the Car with Freedom to Roll on Stochastic Steering Input*, Proceedings of the 7th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies VSDiA 200, Budapest 2002.
- [92] Pieniążek W., Wilusz P., *Eksperymentalne badania kierowności samochodu ciężarowego z przyczepą*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN, z. 26–27, Kraków 2003.
- [93] Pieniążek W., Kuranowski A., Wołak S., *Powypadkowa diagnostyka pojazdów drogowych*, referat plenarny, IV Konfer. Nauk.-Techniczna „Problemy Bezpieczeństwa w Pojazdach Samochodowych”, Kielce 2004.
- [94] Struski J., Wach W., *Modelowanie dynamiki wielolącznikowych zawieszek kół ogumionych*, Materiały Konf. „Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych”, Kielce-Cedzyna 1998.
- [95] Struski J., Grzyb A., *Metody wyznaczania kinematyki wielowahaczowych zawieszek kół ogumionych*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 16, Kraków 1998.
- [96] Struski J., Janczur R., *Teoretyczne podstawy pomiaru rzeczywistego kąta skrętu koła kierowanego*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN O. Kraków, z. 16, Kraków 1998.
- [97] Struski J., Kowalski M., Mirska-Świątek M., *Kinematyka mechanizmu kierowniczego z czworobokiem przegubowym*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji, PAN O. Kraków, z. 16, Kraków 1998.
- [98] Struski J., Wołak S., *Dynamiczne obciążenia wielolącznikowego zawieszenia kół kierowanych*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji, PAN O. Kraków, z. 21, Kraków 2000.
- [99] Struski J., Grzyb A., *Modelowanie przypadkowych nierówności geometrycznych w dynamice pojazdów lądowych*, Zeszyty Naukowe Wydziału Mechanicznego Politechniki Koszalińskiej, nr 28, Koszalin 2001.
- [100] Struski J., Janczur R., *Analityczno-eksperymentalna metoda badań sterowności samochodu*, Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej, Mechanika, nr 76, Kielce 2002.
- [101] Struski J., Wach W., *Dyskretny model pojazdu o dużej wydajności numerycznej*, Czasopismo Techniczne, z. 7-M/2004, Wyd. PK, Kraków 2004.
- [102] Struski J., Janczur R., *Właściwości sprężyste układu prowadzenia kół kierowanych*, Czasopismo Techniczne, z. 7-M/2004, Wyd. PK, Kraków 2004.
- [103] Ślusarczyk P., Maniowski M., *Weryfikacja modelu układu kierowca–motocykl pod kątem badań stabilności kierunkowej pojazdu*, VIII Międzynarodowe Sympozjum Naukowe IPM, Rynia 2002.
- [104] Ślusarczyk P., Grzegózek W., *Wpływ zmian wybranych parametrów pojazdu jednośladowego na stabilność układu kierowca–motocykl*, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN, z. 26–27, Kraków 2003.
- [105] Ślusarczyk P., *Analiza modelowa stateczności pojazdu jednośladowego*, Czasopismo Techniczne, z. 7-M/2004, Wyd. PK, Kraków 2004.
- [106] Ślusarczyk P., Grzegózek W., *Badania symulacyjne nieliniowego modelu motocykla z więzami nieholonomicznymi*, Teza Komisji Nauk.-Problem. Motoryzacji PAN, z. 29–30, Kraków 2005.