

Łukasz KONIECZNY

## BADANIA SYMULACYJNE UKŁADU ZAWIESZENIA POJAZDU SAMOCHODOWEGO W ŚRODOWISKU ADAMS/CAR

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono możliwości budowy wirtualnego modelu zawieszenia pojazdu samochodowego w środowisku Adams /Car. Przedstawiono zawieszenie przednie typu McPhersona wraz z przekładnią kierowniczą zębatkową oraz tylne typu wahacze wleczone, budowane dla pojazdu Fiat Seicento.

## SIMULATION RESEARCH OF CAR SUSPENSION SYSTEM IN ADAMS/CAR SOFTWARE

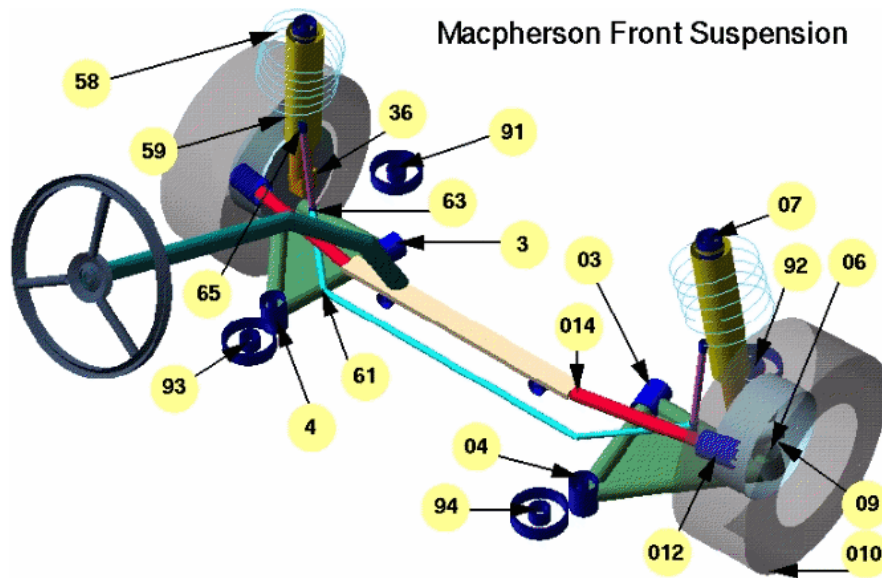
**Summary.** The paper presents possibility of virtual car suspension model building in Adams/Car software. The front McPherson suspension with rack and pinion steering system and semi-trailing arm rear suspension of Fiat Seicento car was presented.

### 1. WSTĘP

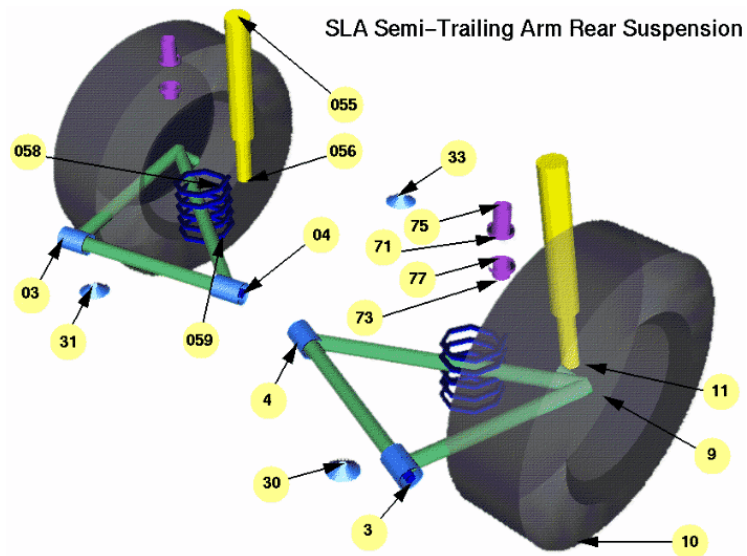
Oprogramowanie ADAMS stanowi wieloskładnikowe oprogramowanie z aplikacjami o konkretnym zastosowaniu poszczególnych modułów, np. kolej, lotnictwo czy samochody. Jest to oprogramowanie komercyjne, umożliwiające budowanie wielomasowych modeli strukturalnych (tzw. multibody system – MBS) o znacznej liczbie stopni swobody, budowanych z elementów o masach skupionych. Modele w takim oprogramowaniu są budowane przy założeniu, że układ jest złożony z ciał sztywnych lub odkształcalnych połączonych w określony sposób (połączenia sferyczne, posuwiste, obrotowe), poruszających się pod wpływem działania sił i momentów różnego rodzaju (siły skupione lub rozłożone, siły kontaktu). Oprogramowanie jest dedykowane do rozwiązywania zadań związanych z kinematyką układu (wyznaczanie ruch poszczególnych członów) oraz dynamiką (wyznaczenie ruchu układu przy więzach nieograniczających wszystkich stopni swobody przy uwzględnieniu mas i sił działających na układ) [1, 2].

W oprogramowaniu ADAMS generowane są równania ruchu metodą Lagrange'a drugiego rodzaju we współrzędnych absolutnych dla złożonych układów. Procedury całkujące wykorzystane do rozwiązywania równań różniczkowo-algebraicznych można podzielić na dwie grupy. Pierwsze obejmują algorytmy wielokrokowe o zmiennym rzędzie oraz o zmiennym kroku i stałym kroku. Drugą grupę stanowią algorytmy jednokrokowe, z których w ADAMS stosuje się metodę Runge-Kutta-Fehleberga (RFK45) [3].

Moduł Adams/Car umożliwia budowę i badania symulacyjne poszczególnych podsystemów samochodu, takich jak np.: zawieszenie, układ kierowniczy czy układ napędowy oraz ich złożenia w postaci całego samochodu. Program zawiera bogatą bibliotekę rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w samochodach. Geometria oraz relacje poszczególnych części są zawarte w bibliotekach, a obsługa na poziomie użytkownika sprowadza się do zdefiniowania położenia więzów w przestrzeni. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne układów zawieszonych dostępnych w bibliotekach programu przedstawiono na rys.1 i 2.

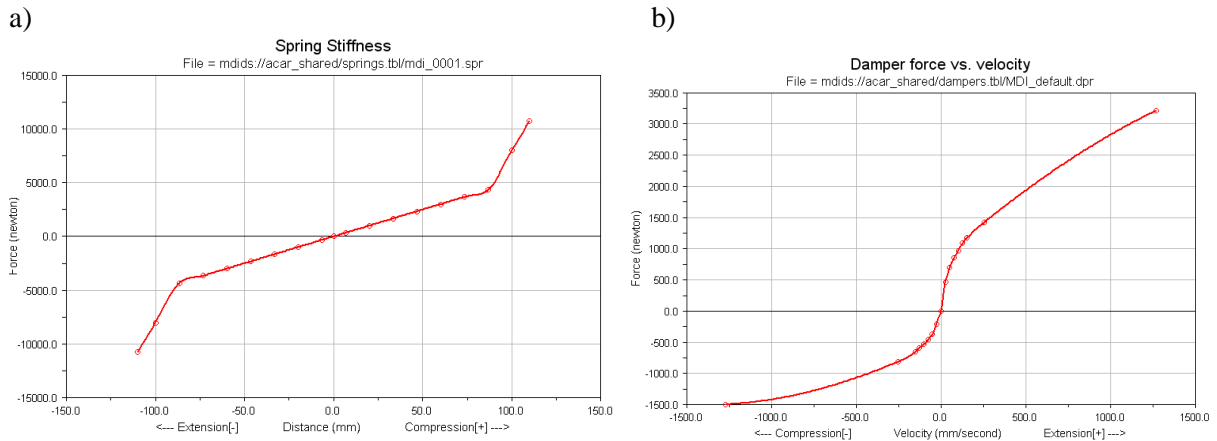


Rys. 1. Widok zawieszenia przedniego typ McPherson [4]  
 Fig. 1. View of McPherson front suspension [4]



Rys. 2. Widok zawieszenia tylnego typu wahacze wleczone [4]  
 Fig. 2. View of semi-trailing arm rear suspension [4]

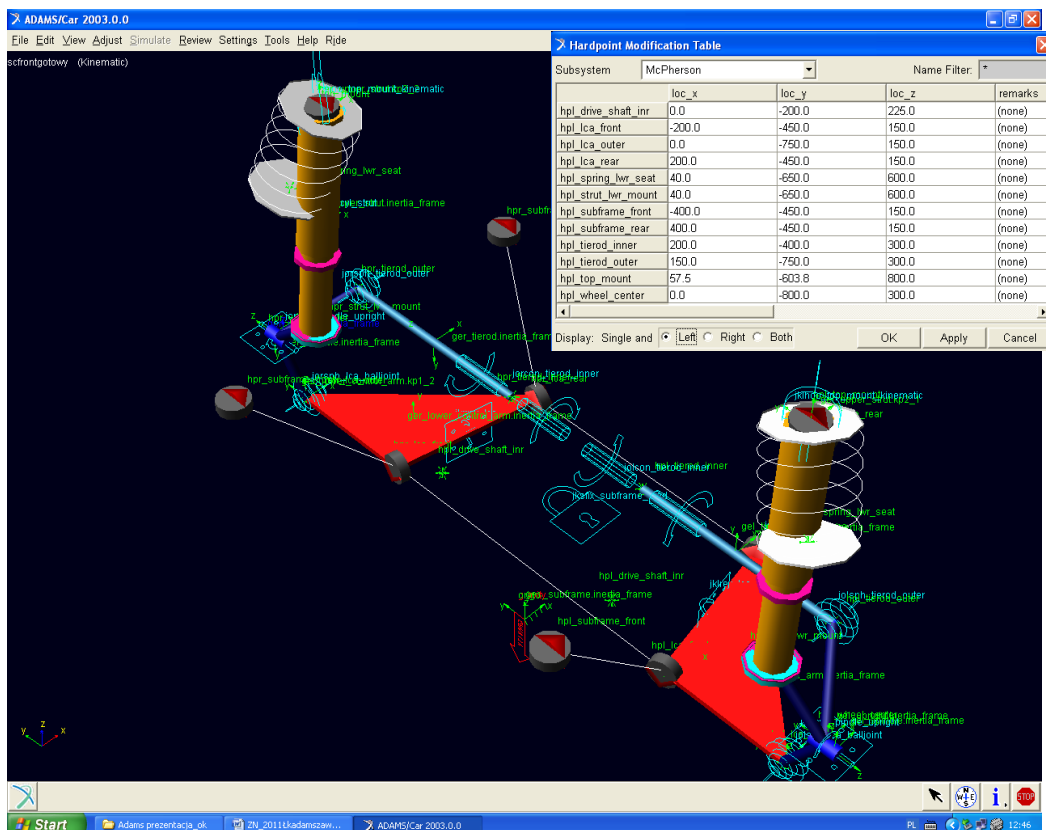
Model zawieszenia składa się z tulei łączących zawieszenie z ramą, gniazda kolumny prowadzącej, wahaczy, kolumny i zwrotnicy oraz półosi napędowych. Tuleje metalowo-gumowe, łączące zawieszenie z ramą, oraz gniazdo mocowania kolumny posiadają charakterystyki sprężystości. Elementy, takie jak sprężyna śrubowa oraz amortyzator, określone są przez podanie ich charakterystyk. Przykładowe charakterystyki przedstawia rys. 3.



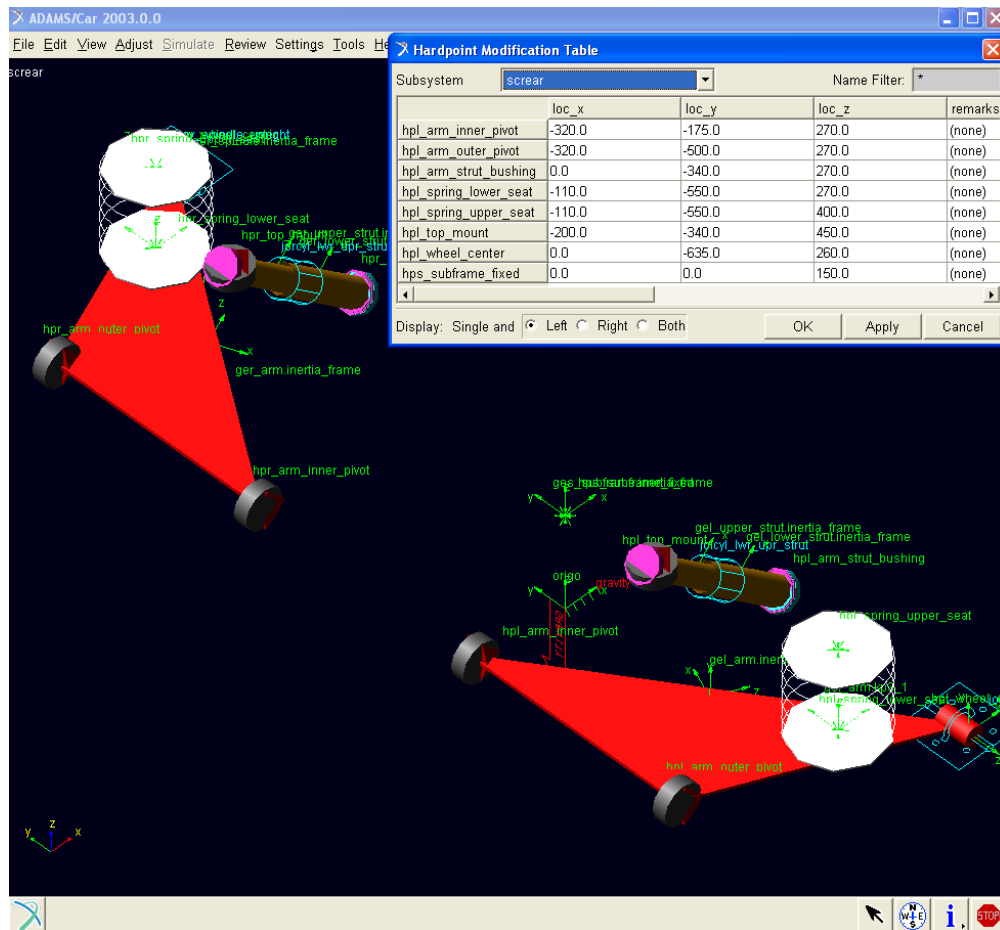
Rys. 3. Charakterystyki sprężystości (a) i tłumienia (b)  
 Fig. 3. Spring (a) and dumping (b) characteristics

## 2. BUDOWA MODELU

Budowany model zawieszenia przedniego wraz z układem kierowniczym oraz zawieszenia tylnego dotyczy pojazdu Fiat Seicento. Po dokonaniu pomiarów na obiekcie rzeczywistym, którego model znajduje się w Laboratorium Dynamiki Zawieszeń wydziału Transportu Politechniki Śląskiej, zmodyfikowano położenie w przestrzeni punktów charakterystycznych. Zamodelowane zawieszenia przednie oraz tylne przedstawiono na rys. 4 i 5.



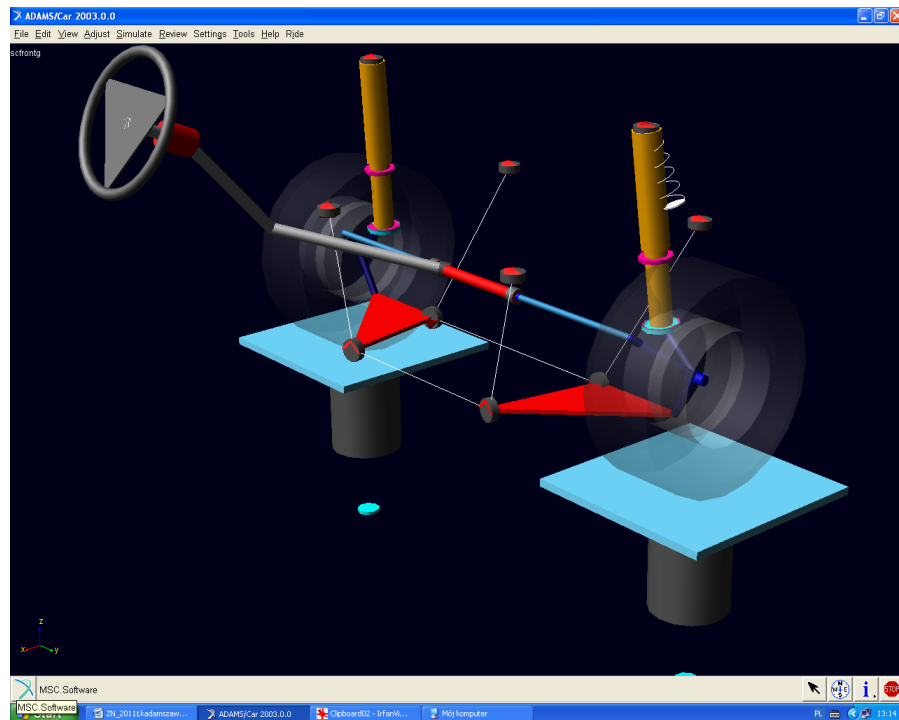
Rys. 4. Model wirtualny przedniego zawieszenia z tabelą punktów charakterystycznych  
 Fig. 4. Virtual model of McPherson front suspension and hard point table



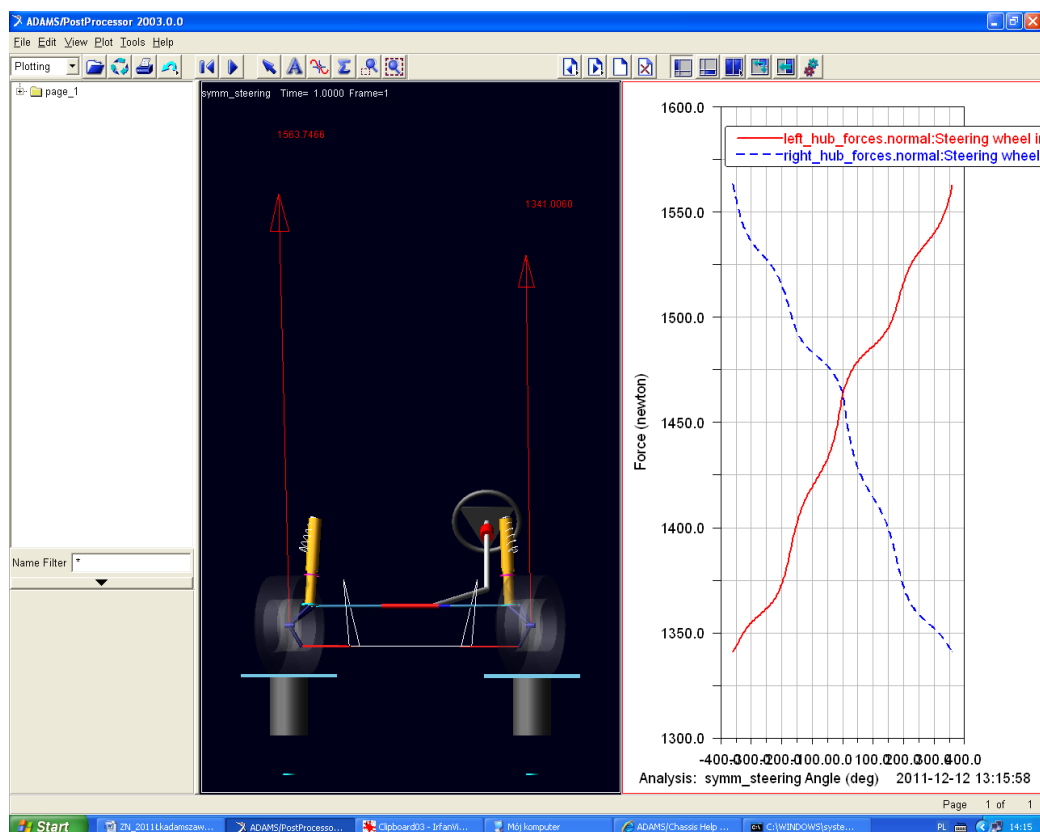
Rys. 5. Model wirtualny tylnego zawieszenia z tabelą punktów charakterystycznych  
 Fig. 5. Virtual model of rear suspension and hard point table

### 3. WYNIKI BADAŃ WSTĘPNYCH

Dla zamodelowanych zawieszenia przedniego wraz z układem kierowniczym oraz zawieszenia tylnego przeprowadzono symulacje pozwalające wyznaczyć parametry kinematyczne. Symulacje są przeprowadzane dla układu zawieszenia przy założeniu nieruchomego położenia górnych punktów mocowania elementów zawieszenia. Następnie wprowadza się parametry związane z geometrią zawieszenia (kat pochylecia koła, zbieżność) oraz parametry związane z ogumieniem (średnica oraz sztywność ogumienia) i z pojazdem (masa pojazdu, położenie środka ciężkości pojazdu). Stanowisko badań symulacyjnych umożliwia wymuszanie przemieszczeń pionowych oraz kątowych płyt (rys. 6), na których spoczywają koła zawieszenia oraz obrotu koła kierowniczego. Przykładowe wyniki badań wstępnych przedstawia rys. 7, na którym przedstawiono przebieg zmian wartości sił w osi koła w funkcji obrotu koła kierowniczego w zakresie -360 do 360 stopni.



Rys. 6. Badane zawieszenie przednie z układem kierowniczym na stanowisku płytowym  
 Fig. 6. Front suspension with steering system on test rig



Rys. 7. Wynik symulacji – przebieg zmian wartości sił normalnych w osi kół prawego oraz lewego, w funkcji obrotu koła kierownicy  
 Fig. 7. Simulation results – left and right hub forces versus steering wheel angel

#### 4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule wycinek prac dotyczy wirtualnych modeli zawiesznień przedniego oraz tylnego samochodu Fiat Seicento. Dalsze etapy prac przewidują złączenie poszczególnych podsystemów zawiesznień oraz silnika, układu przeniesienia napędu, układu hamulcowego oraz kół pojazdu i stworzenie pełnego modelu pojazdu Fiat Seicento. Pełny zidentyfikowany model pojazdu umożliwi przeprowadzenie różnego rodzaju testów, począwszy od testów drogowych (przyśpieszanie, wybieg, hamowanie w ruchu prosto i krzywoliniowym, zadawanie różnego typu wymuszeń od nierówności drogi typu garb sinusoida wyrwa itp., łącznie z profilem rzeczywistym drogi, a także odwzorowanie przeprowadzenia laboratoryjnych testów drganiowych dla pojazdu na płytach stanowiska wymuszającego).

#### Bibliografia

1. Blundell M. Harty D.: Multibody systems approach to vehicle dynamics. Elsevier Butterworth –Heineman, Linacre House , Jordan Hill, Oxford, 2004.
2. Burdzik R., Konieczny Ł.: Badania symulacyjne zawiesznień samochodów osobowych. Mikołajczyk T.: Komputerowe Wspomaganie Nauki i Techniki CAX'2005. II Warsztaty Naukowe, Bydgoszcz-Duszniki Zdrój 2005, s. 60 – 62.
3. Wojtyra M., Frączek J.: Metoda układów wieloczłonowych w dynamice mechanizmów. Ćwiczenia z zastosowaniem programu ADAMS. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.
4. Adams User Guide. (ADAMS 2003).