MODELOWANIE INŻYNIERSKIE ISNN 1896-771X
32, s. 187-192, Gliwice 2006

WPŁYW PARAMETRÓW KINEMATYCZNYCH NA ZACHOWANIE KIEROWCY PODCZAS WYPADKU ZDERZENIA PRZODEM I TYŁEM SAMOCHODU

MAREK GZIK
EUGENIUSZ ŚWITOŃSKI
DAGMARA TEJSZERSKA
WOJCIECH WOLAŃSKI
PAWEŁ POTKOWA

Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska

NAIF K. ALSHAMMARI

Sultan Bin Abdulaziz Al-Saud Foundation, Saudi Arabia

Streszczenie: W artykule przedstawiono przeprowadzone badania na podstawie sformułowanego w systemie WorkingModel 2D płaskiego modelu kierowcy. Model uwzględnia wszystkie główne części budowy ciała, ze szczegółowym odwzorowaniem odcinków najbardziej narażonych na urazy: szyjnego i lędźwiowego odcinka kręgosłupa człowieka. Model został zweryfikowany na podstawie danych literaturowych testów prowadzonych na ochotnikach w zakresie bezpiecznych prędkości przez The Naval Biodynamic Laboratory in New Orleans in USA. Model wykorzystano do przeprowadzenia symulacji zachowania się kierowcy w sytuacjach rzeczywistych wypadków komunikacyjnych: zderzenia przodem oraz zderzenia tyłem.

1. WSTĘP

Około 40 000 osób ginie każdego roku w wypadkach komunikacyjnych w Europie, a 1 700 000 odnosi urazy. 60 % przypadków śmiertelnych dotyczy użytkowników samochodów. Pomimo tych pesymistycznych danych statystycznych na uwagę zasługuje fakt, iż liczba wypadków ze skutkiem śmiertelnym w przedziale czasu 1970 – 2001 zmalała w Europie o około 50%. Dane te niestety jednak nie dotyczą takich krajów między innymi jak Grecja, czy Polska 7. Efekt ograniczenia wypadków śmiertelnych został osiągnięty przez wdrożenie strategii redukcji urazów oraz zastosowanie nowych poprawiających bezpieczeństwo użytkowników rozwiązań konstrukcji pojazdów i bezpośrednich systemów poprawy bezpieczeństwa (poduszki powietrzne, strefy kontrolowanego zgniotu). Wśród wypadków drogowych zderzenia czołowe oraz najechania na tył pojazdu stanowią najczęstsze, a zarazem najbardziej poważne w skutkach przypadki. Często w wypadkach urazom ulega odcinek szyjny kręgosłupa, co ma poważne następstwa dla zdrowia poszkodowanej osoby. Mechanizm urazu szyi jest ściśle związany z ruchem głowy. Poszerzenie wiedzy o związku pomiędzy ruchem warunkami dynamicznych wymuszeń,

zachowaniem się ludzkiego ciała, a wewnętrznymi oddziaływaniami w organizmie człowieka może przyczynić się do udoskonalenia istniejących lub zaproponowania nowych, bardziej skutecznych systemów poprawy bezpieczeństwa. Najwięcej informacji można uzyskać przy obecnym stanie techniki podczas testów na obiekcie rzeczywistym, co ze zrozumiałych względów w przypadku rekonstrukcji wypadków z udziałem ludzi jest niedopuszczalne. Dlatego też poszukuje się innych alternatywnych i skutecznych metod, wśród których wyróżnić można badania na zwłokach, zwierzętach, manekinach lub badania modelowe z wykorzystaniem modeli numerycznych 5 8.

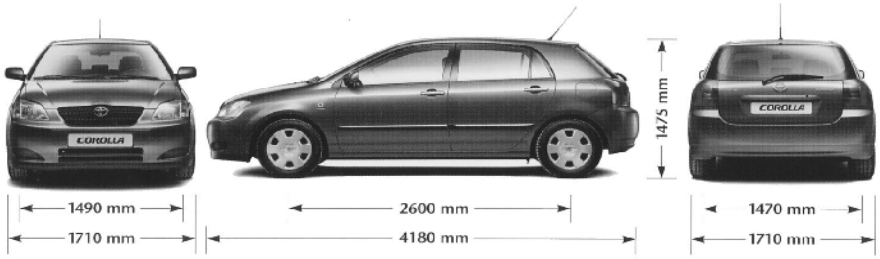
W artykule przedstawiono płaski model kierowcy, który został sformułowany w systemie WorkingModel 2D. Model uwzględnia wszystkie główne części budowy ciała, ze szczegółowym odwzorowaniem odcinków najbardziej narażonych na urazy: szyjnego i lędźwiowego odcinka kręgosłupa człowieka. Model zweryfikowano na podstawie danych literaturowych testów prowadzonych na ochotnikach w zakresie bezpiecznych prędkości przez The Naval Biodynamic Laboratory in New Orleans in USA 2.

Następnie model wykorzystano do przeprowadzenia symulacji zachowania się kierowcy w sytuacjach rzeczywistych wypadków komunikacyjnych: zderzenia przodem (przy prędkościach 28, 80, 120, 160 km/h) oraz zderzenia tyłem (przy prędkościach 28, 80 km/h). Przeprowadzone symulacje dowiodły, iż prędkość w chwili zderzenia odgrywa zasadnicza rolę w aspekcie możliwości wystąpienia urazów. Powyżej 100km/h szanse na przeżycie radykalnie maleją. Wśród wyposażenia pojazdów, z którym kontaktuje się kierowca, pasy odgrywają najistotniejszą rolę.

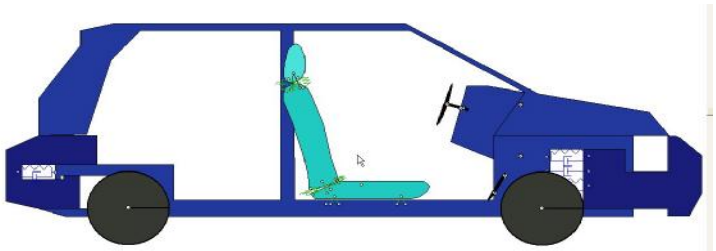
Przedstawione badania modelowe zostały zainspirowane współpracą z Fundacją Sultan Bin Abdulaziz Al-Saud z Arabii Saudyjskiej stworzony model będzie następnie rozwijany i posłuży do analizy wypadków przy założeniu innych warunków w chwili zderzenia.

2. BUDOWA MODELU

Proces modelowania został podzielony na dwa etapy: pierwszy związany z tworzeniem modelu pojazdu, drugi z budową modelu kierowcy. Jako pojazd przyjęto dane zgodne z samochodem osobowym Toyota Corolla rocznik 2002 rys.1. Tworzenie modelu w środowisku programu Working Model 2D pozwoliło na uwzględnienie jedynie masy (1200kg), wymiarów oraz częściowo kształtu wybranego samochodu rys.2.



Rys.1. Toyota Corolla – obiekt rzeczywisty



Rys.2. Toyota Corolla – model w sformułowany w programie Working Model 2D

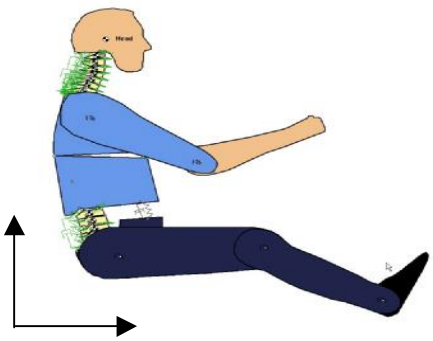
W modelu uwzględniono:

- karoseria masa 800 kg.
- przedni zderzak masa 150 kg.
- tylny zderzak 150 kg,
- fotel masa 22kg.
- kierownica, pedały, konsola masa łącznie 28 kg.
- koła masa razem 100 kg.
- pasy bezpieczeństwa

Części budowy samochodu reprezentowane są jako elementy sztywne połączone przegubowo oraz elementami sprężysto-tłumiącymi. Energię podczas zderzenia dla osiągnięcia warunków oddziaływania podobnie jak podczas rzeczywistego wypadku, pochłaniają elementy sprężysto-tłumiące łączące zderzak z pozostałą częścią pojazdu. W procesie modelowania współczynniki sztywności i tłumienia, ze względu na brak danych producenta odnośnie deformacji Toyoty Corolla, dobrano jakościowo dla osiągnięcia przyspieszeń działających na człowieka podobnie, jak w analizowanych wypadkach rzeczywistych. Niemniej jednak model umożliwia weryfikację modelu pojazdu na podstawie danych producenta, jeżeli takowe udałoby się uzyskać.

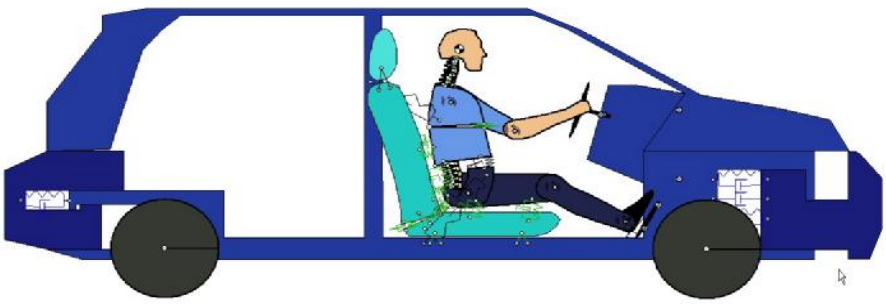
Model kierowcy (rys.3) sformułowano opierając się na poniższych założeniach:

- model kierowcy odpowiada danym antropometrycznym dla dorosłego mężczyzny o masie 75 kg, uwzględnia głowę, odcinek szyjny kręgosłupa, górną i dolną część tułowia, odcinek lędźwwiowy kręgosłupa oraz górne i dolne kończyny,
- w modelu szczegółowo uwzględniono budowę odcinków szyjnego i lędźwiowego kręgosłupa człowieka,
- części budowy anatomicznej traktowane są, jako sztywne elementy połączone przegubowo oraz elementami sprężysto tłumiącymi.



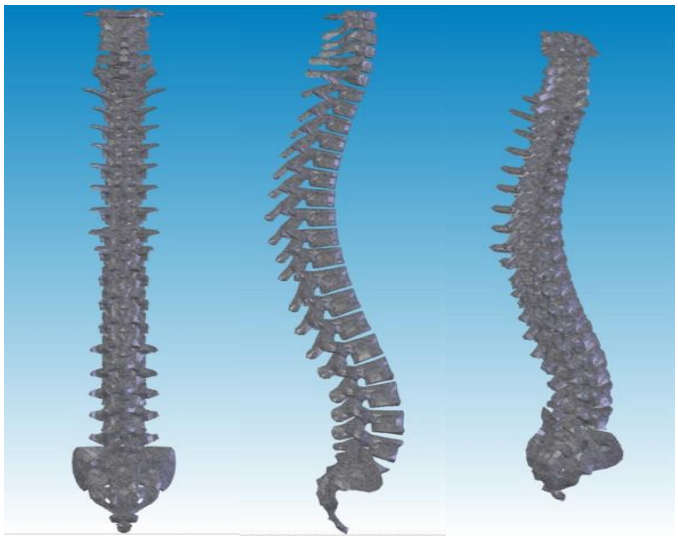
Rys.3. Płaski model kierowcy

Model kierowcy został połączony z modelem pojazdu elementami sprężysto tłumiącymi rys.4.



Rys.4. Model 2D do analizy przednich i tylnych zderzeń

Dla potrzeb badań modelowych sformułowano modele kręgów kręgosłupa rys.5. na podstawie pozyskanej geometrii i wykorzystując do obliczenia masowych momentów bezwładności program SolidWorks. Dane inercyjne głównych części budowy anatomicznej pozyskano z literatury tabela1 1 4 6.



Rys.5. Model kręgosłupa sformułowany dla potrzeb dalszych badań modelowych w programie Working Model 2D

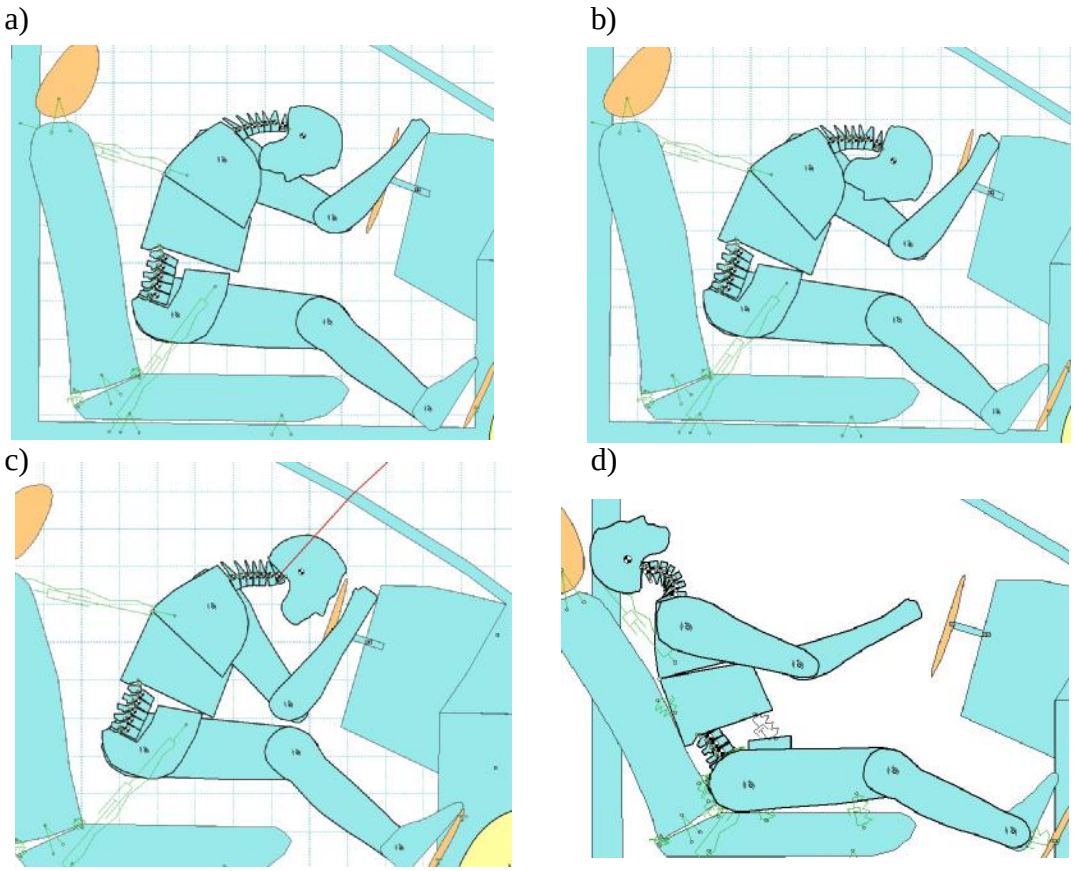
Tabela 1. Przyjęte masy oraz masowe momenty bezwładności elementów modelu 4

Kręgi	**Masa**	**I_z [kgm^2]**
C1	21,1	4248,45
C2	23,5	4901,4
C3	22,6	4871,85
C4	24,3	5199,45
C5	28,7	8316,75
C6	29,4	8392,65
C7	40,4	9644,1
L1	89,7	33895,5
L2	86,4	33579
L3	95,9	38938,5
L4	96,8	39570
L5	84,7	28614
CZĘŚCI BUDOWY KIEROWCY	**MASA [kg]**	**I_z [kgm^2]**
Głowa	4,2	0.021
Górny tułów	14	0.100
Dolny tułów	10	0.081
Brzuch	8	0.050
Ramie	4	0.013
Przedramię ręka	3.8	0.053
Udo	20	0.515
Podudzie	8	0.157
Stopa	2	0.009

3. SYMULACJE NUMERYCZNE

Model został zweryfikowany na zderzenia przodem i tyłem na podstawie danych literaturowych testów prowadzonych na ochotnikach przez The Naval Laboratory w USA przez porównanie przemieszczeń środka ciężkości głowy modelu oraz danych z eksperymentów.

Model umożliwia przeprowadzenie symulacji numerycznych ruchu ciała kierowcy, sił dynamicznych, jakie pojawiają się w odcinkach szyjnym i lędźwiowym kręgosłupa oraz analizę sił w połączeniu kierowca – pojazd w sytuacjach zderzeń czołowych oraz tylnych przy różnych prędkościach. Otrzymane wyniki można traktować w sposób jedynie jakościowy. Przykładowe wyniki przedstawiono na rysunkach poniżej rys.6.



Rys.5. Zachowanie się modelu kierowcy podczas zderzenia:
a) przodem przy prędkości 80 km/h,
b) przodem przy prędkości 120 km/h,
c) przodem przy prędkości 160 km/h,
d) tyłem przy najechaniu przez inny pojazd z prędkością 30 km/h,

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania modelowe pozwoliły na analizę korelacji pomiędzy prędkością w chwili zderzenia, zachowaniem się części ciała człowieka oraz wewnętrznymi siłami, jakie pojawiają się podczas rozważanych sytuacji. Otrzymane rezultaty wskazują na istotny wpływ prędkości, ale również wewnętrznych elementów wyposażenia pojazdu oraz ich usytuowania na ruch kierowcy podczas wypadku. W dalszej kolejności prowadzone będą badania porównawcze warunków obciążenia kręgosłupa szyjnego w sytuacjach innych wypadków drogowych.

LITERATURA

1. Campbell-Kyureghyan N., Jorgensen M., Burr D., Marras W.: „The prediction of lumbar spine geometry: method development and validation", Clinical Biomechanics 20 (2005), p.455–464.
2. Happee R., Hoofman M.,Van den Kroonenberg A. J., Morsink P., Wismans J., A mathematical human body model for frontal and rearward seated automotive impact loading, SAE 983150, Technical Paper Series 1998.
3. Kapandji I. A.:The physiology of joints, Churchil livingstone, Edingurgh, London and New York 1974.
4. Miguel P.T. da Silva, Jorge A.C. Ambrosio: Human motion analysis using multibody dynamics and optimization tools, Technical Report IDMEC/CPM-2004/001, Instituto de Engenharia Mecanica, Lisboa 2004.
5. Panjabi M., Dvorak J., Crisco J., Oda T., Hilibrand A., Grob D.: Simulation of whiplash trauma using whole cervical spine specimens, Spine, vol.23, no1, pp.17-24, 1998.
6. White A.A, Panjabi M.M.: The basic kinematics of the lumbar spine. A review of past and current knowledge, Spine, vol.3, no.12, 1978.
7. Wismans J., "Report – European vehicle passive safety network 2" Project founded by European Community 2004.
8. Wismans J., Janssen E., Beusenberg M., „Injury Biomechanics - course notes". Eindhoven University of Technology, Eindhoven 1994.

INFLUENCE OF KINEMATICAL PARAMETERS ON DRIVER BEHAVIOUR DURING HEAD-ON END REAR CAR COLLISIONS

Summary: The article presents two - dimensional model of driver created with the use of Working Model 2D software. The model consists of every part of human body with detailed structure of cervical and lumbar spine. The parts of spine are the most exposed to injuries during accidents, especially cervical spine which injuries could cause serious consequences - paralysis or even death.

The model of driver was validated on the basis of comparison of body movement in saggital plane, data from numerical simulation and from tests on volunteers performed by The Naval Biodynamic Laboratory in New Orleans in USA.

Next the model was used to carry out numerical simulation for several cases corresponding to real accidents (front collision for velocity 28, 80, 120, 160 kmph, and rear collision for velocity 28, 80 kmph). The obtained results confirm that the velocity and constructions of collided vehicles also have the greater influence on human body behavior and possibility of injuries. Forces inside human body depend especially on velocity of a car at the hit moment. In a car velocity above 100kmph the passenger's chances to survive rapidly decrease due to acting acceleration. The position of the driver in a car and the connections with internal car equipment are playing considerably less important role. Only safety belts are important for preventing situation dangerous for passenger's security.

The model could be used to analysis of other cases of accidents which assume other vehicle velocities during front and rear collisions. The researches were inspired by Sultan Bin Abdulaziz Al-Saud Foundation, from Saudi Arabia.