

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Wpływ braku symetrii na zachowanie ciała kierowcy w trakcie zderzenia

Kamil Sybilski¹, Jerzy Małachowski¹

¹Zakład Inżynierii Obliczeniowej i Biomedycznej, Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wydział Inżynierii Mechanicznej
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego
email: kamil.sybilski@wat.edu.pl, jerzy.malachowski@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: Praca dotyczy analiz numerycznych ukierunkowanych na określenie wpływu asymetrii ciała kierowcy i elementów mających z nim kontakt w trakcie zderzenia czołowego na jego kinematykę oraz kryteria urazów. Badania przeprowadzono na drodze analiz numerycznych, wykorzystując zwalidowane modele manekina oraz pojazdu. Do modeli dodano systemy bezpieczeństwa, tzn. w pełni działający system pasów bezpieczeństwa oraz poduszkę powietrzną, które były aktywowane czujnikiem przyspieszenia. Analizy podzielono na trzy etapy. Pierwszy obejmował pozyskanie krzywych prędkości pojazdu w trakcie zderzenia czołowego ze sztywną przeszkodą. Drugi osiadanie manekina na fotelu oraz elementach wyposażenia pojazdu. Wyniki z tych etapów zaimplementowano do trzeciego etapu, odwzorowującego zachowanie kierowcy. Na podstawie otrzymanych wyników wyznaczono wartości parametrów biomechanicznych opisujących bezpieczeństwo kierowcy (HIC – *Head Injury Criterion* oraz NIC – *Neck Injury Criterion*) oraz kąt rotacji barków i przemieszczenia miednicy.

SŁOWA KLUCZOWE: osoby niepełnosprawne, zderzenie czołowe, HIC, NIC

1. Wstęp

Od wielu lat obserwujemy ciągły rozwój motoryzacji, szczególnie w zakresie zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego. Z całą pewnością przełomowym momentem było wprowadzenie trzypunktowych pasów bezpieczeństwa, które w znacznym stopniu zmniejszyły obrażenia doznawane przez osoby znajdujące się wewnątrz pojazdu. Wiele zmieniło się również w samej konstrukcji pojazdów (np. strefa kontrolowanego zgniotu) i wyposażeniu (poduszka powietrzna, systemy wspomagające kierowcę) dodatkowo obniżających prawdopodobieństwo odniesienia poważnych obrażeń. Rozwój technologii pozwolił także na zwiększenie dostępności środków transportu indywidualnego dla szerszej grupy kierowców, w tym dla osób o szczególnych potrzebach (m.in. osoby niepełnosprawne i starsze). Powstało wiele przedsiębiorstw profesjonalnie zajmujących się adaptacją samochodów pod szczególne wymagania danego odbiorcy. Mało jest jednak wciąż dostępnych informacji dotyczących wpływu tych modyfikacji na zachowanie ciała ludzkiego w trakcie niebezpiecznych sytuacji na drodze. Pasy trzypunktowe, dodatkowe oprzyrządowanie montowane na kierownicy, asymetria ciała spowodowana np. amputacją zmienia zachowanie kierowcy w trakcie zderzenia.

Autorzy w pracy podjęli się przeprowadzenia numerycznych badań symulacyjnych wpływu asymetrii w przestrzeni kierowcy na jego zachowanie w trakcie zderzenia czołowego. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono parametry biomechaniczne oraz sprawdzono wartości kryteriów po kątem wystąpienia możliwych urazów.

2. Metoda badawcza

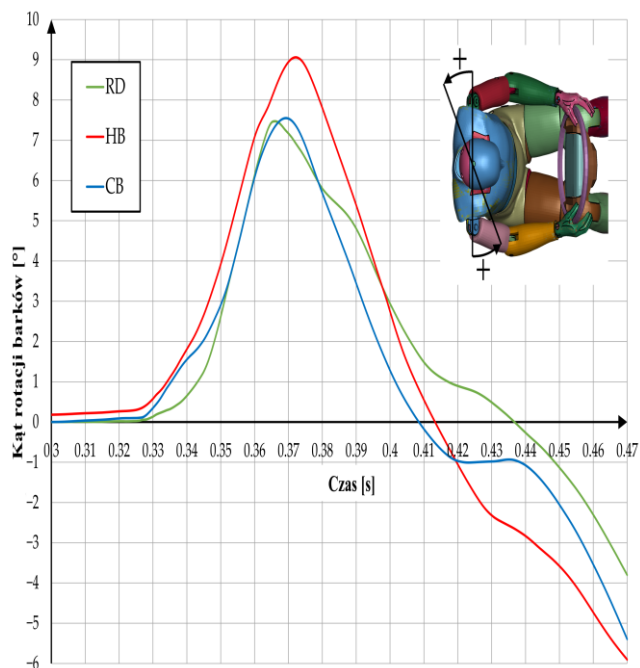
Autorzy w trakcie badań wykorzystali metodykę opartą o analizy numeryczne bazujące na metodzie elementów skończonych, która jest powszechnie wykorzystywana w tego typu badaniach. Obliczenia przeprowadzono za pomocą solvera LS-Dyna [1]. Ważnym aspektem w trakcie prac było wierne odwzorowanie rzeczywistych warunków. Dlatego też każdą z przeprowadzonych symulacji podzielono na trzy etapy [2-4]: zderzenie całego zwalidowanego [5] pojazdu ze sztywną przeszkodą, osiadanie zwalidowanego 50 centylowego manekina [6] na fotelu i oprzyrządowaniu umieszczonych w wyciętym fragmencie pojazdu, analiza końcowa zachowania manekina w trakcie zderzenia. Pierwszy etap miał na celu dostarczenie krzywych opóźnienia do trzeciego etapu. Drugi etap pozwolił na przeniesienie do trzeciego etapu deformacji siedzenia oraz sił oddziaływania i tarcia na styku manekin-wnętrze pojazdu. Model pojazdu w trzecim, końcowym etapie wyposażono m.in. w pełni działające pasy bezpieczeństwa (z napinaczem, zwijaczem, uchami montażowymi i klamrami), poduszkę powietrzną oraz czujniki przyspieszenia aktywujące systemy bezpieczeństwa. Dodatkowymi czynnikami wpływającymi na dokładność opisywanych analiz są elementy siedzenia i taśmy pasów. Dlatego też w modelach wykorzystano charakterystyki materiałowe uzyskane w odrębnych badaniach eksperymentalnych [7-8].

W ramach badań komputerowych analizowano wpływ asymetrii w przestrzeni kierowcy spowodowany: amputacją kończyny, zmianą geometrii pasów bezpieczeństwa, zastosowaniem różnego typu oprzyrządowania dodatkowego, występowaniem sił mięśniowych w stawach.

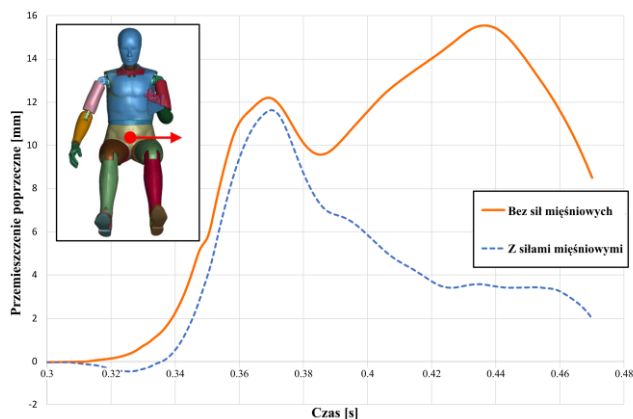
3. Wyniki analiz

Analizy numeryczne w pierwszym etapie prowadzono do całkowitego zatrzymania pojazdu. Dzięki temu uzyskano pełne charakterystyki zmiany prędkości pojazdu w trakcie zderzenia z prędkością początkową 50.0 km/h. W drugim etapie, obejmującym osiadanie manekina na siedzeniu i elementach wnętrza pojazdu, analizy realizowano do całkowitego ustania oscylacji przemieszczenia środka ciężkości manekina. W trzecim etapie analiz realizowano do momentu uderzenia głowy manekina w zagłówek po odbiciu od poduszki powietrznej. Przebieg zderzenia etapu trzeciego w każdym z analizowanych przypadków był podobny. W początkowej fazie, po ok. 10 ms aktywowana była poduszka powietrzna i system napinania pasów bezpieczeństwa. Po około 36 ms poduszka powietrzna była całkowicie napełniona, a po kolejnych 15-25 ms głowa manekina uderzała w nią. Dalej przez ok. 20 ms głowa stopniowo była wciskana w poduszkę, a następnie rozpoczynał się ruch głowy w przeciwnym kierunku. Po około 120-160 ms od rozpoczęcia zderzenia głowa uderzała w zagłówek.

Na podstawie otrzymanych wyników wyznaczono dla wszystkich analizowanych przypadków parametry kinematyczne, t.j. przemieszczenia poprzeczne, wzdłużne i pionowe środka ciężkości oraz kąt obrotu barków. Wyznaczono także siły reakcji pomiędzy manekinem a pasami bezpieczeństwa, które dają informację o obciążeniach klatki piersiowej oraz siły i momenty występujące w górnym odcinku szyi. Na ich podstawie oraz na podstawie przyspieszeń głowy wyznaczone wartości kryteriów urazów (m.in. HIC – ang. *Head Injury Criterion* oraz NIC – ang. *Neck Injury Criterion*). Przykładowy wynik w postaci zmiany kąta rotacji barków w zależności od zastosowanego oprzyrządowania dodatkowego przedstawiono na rys. 1. Na rysunku 2 przedstawiono przemieszczenie poprzeczne punktu H manekina w zależności od występowania sił mięśniowych w stawach.



Rys. 1. Kąt rotacji barków manekina w zależności od zastosowanego oprzyrządowania dodatkowego



Rys. 2. Przemieszczenie poprzeczne punktu H manekina w zależności od występowania sił mięśniowych

4. Podsumowanie

W ramach pracy przeprowadzono badania numeryczne wpływu amputacji kończyn, zmiany geometrii pasów bezpieczeństwa, zastosowania różnych typów oprzyrządowania dla osób o szczególnych potrzebach oraz występowania sił mięśniowych w stawach. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że asymetria ciała kierowcy lub elementów mających kontakt z nim w trakcie zderzenia mają znaczący wpływ na kinematykę kierowcy oraz poziom wystąpienia możliwych obrażeń.

Praca została napisana w ramach realizacji uczelnianego grantu badawczego wspieranego przez Wojskową Akademię Techniczną (nr UGB 22-765/2022). Obliczenia numeryczne zostały wykonane przy wsparciu Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (ICM) Uniwersytetu Warszawskiego w ramach grantu obliczeniowego nr GB84-21.

Literatura

- [1] (LSTC), *LS.T.C. LS-Dyna keyword user's manual*; R11 ed.; Livemore Software Technology Corporation (LSTC): California, USA, 2018.
- [2] Sybilski K.; Małachowski J., *Sensitivity study on seat belt system key factors in terms of disabled driver behavior during frontal crash*, Acta Bioeng. Biomech, 2019, 21, 169-180, doi:10.5277/ABB-01421-2019-02.
- [3] Sybilski K., Małachowski J., *Impact of Disabled Driver's Mass Center Location on Biomechanical Parameters during Crash*, Applied Sciences. 2021; 11(4):1427. <https://doi.org/10.3390/app11041427>.
- [4] Sybilski K., Mazurkiewicz Ł., Jurkojć J., Michnik R., Małachowski J., *Evaluation of the effect of muscle forces implementation on the behavior of a dummy during a head-on collision*, Acta of Bioengineering and Biomechanics, vol. 23, No. 4, 2021.
- [5] Marzougui D.; Samaha R.R.; Cui C.-D.; Opiela K., *Extended Validation of the Finite Element Model for the 2010 Toyota Yaris Passenger Sedan*; The National Crash Analysis Center: Ashburn, USA, 2012.
- [6] *Humanetic Innovative Solutions Inc. Hybrid III 50th Dummy Dyna Model - technical report*, Release Version 8.0.1; Humanetics Innovative Solutions, Inc.: Michigan, USA, 2013.
- [7] Mazurkiewicz L., Baranowski P., Karimi H.R., Damaziak K., Małachowski J., Muszynski A., Muszynski A., Robbersmyr K.G., Vangi D., *Improved child-resistant system for better side impact protection*, Int. J. Adv. Manuf. Technol, 2018, doi:10.1007/s00170-018-2236-y.
- [8] Baranowski P., Bogusz P., Damaziak K., Małachowski J., Mazurkiewicz L., Muszynski A., *Analiza wpływu zastosowanego elementu energochłonnego mającego bezpośredni kontakt z głową dziecka w aspekcie minimalizacji obciążeń dynamicznych*, Logistyka 2015, 4, 2355-2363.