

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Deformacja nadwozia podczas zderzenia czołowo-bocznego samochodów i powstawanie zagrożenia dla kierowcy

W 2022 roku w Polsce miało miejsce ponad 21 000 wypadków drogowych. Ponad połowa z nich była związana ze zderzeniem pojazdów w ruchu, a co trzeci wypadek polegał na czołowym uderzeniu w bok drugiego pojazdu (zderzenie czołowo-boczne). Mimo, że obserwuje się trend wskazujący na rokroczny spadek ogólnej liczby wypadków drogowych, niestety ich ciężkość pozostaje wysoka. Stąd też ważne pozostają działania służące poprawie poziomu bezpieczeństwa na polskich drogach. Jednym z takich działań jest poszukiwanie możliwości zmniejszenia zagrożenia dla pasażerów. To zagadnienie jest tematem rozprawy w zakresie zderzenia czołowo-bocznego samochodów. Celem głównym rozprawy jest opracowanie relacji między warunkami początkowymi zderzenia a procesami deformacji boku nadwozia i powstawania zagrożenia dla kierowcy samochodu osobowego uderzanego w bok. Osobno poddano analizie wpływ modyfikacji właściwości konstrukcyjno-materiałowych tylnych drzwi w nadwoziu samochodu w aspekcie ograniczenia głębokości deformacji i zmniejszenia zagrożenia powstającego w trakcie zderzenia.

W rozprawie przeprowadzono wieloaspektową analizę procesów deformacji i powstawania zagrożenia dla kierowcy samochodu uderzanego w bok. Zidentyfikowano problemy i skutki zderzenia czołowo-bocznego pojazdów, którego przebieg jest złożeniem wielu skomplikowanych procesów. Uporządkowano dostępne wyniki badań procesów powstawania zagrożenia i deformacji boku nadwozia oraz przeprowadzono analizę relacji między warunkami początkowymi zderzenia a jego skutkami. Tak zgromadzona i uporządkowana wiedza pozwoliła na wskazanie obszarów, które są słabo rozpoznane i możliwe do dalszego rozwoju.

Podczas realizacji celu rozprawy zaplanowano działania do przygotowania i przeprowadzenia badań modelowych. Wykorzystano wyniki badań eksperymentalnych do wsparcia modelowania i oceny skutków zderzenia samochodów. Na podstawie dostępnych rezultatów testów zderzeniowych poddano analizie kinematykę i dynamikę zderzenia czołowo-bocznego. Wyszczególniono procesy istotne do odtworzenia w modelowaniu, m. in. na podstawie analizy bilansu energii zderzenia. Zaproponowano oryginalną procedurę wyznaczania charakterystyki deformacji bocznej części nadwozia. Procedura umożliwia obliczenie charakterystyki na podstawie rezultatów testu zderzenia czołowo-bocznego o złożonym przebiegu, w którym następuje deformacja dwóch pojazdów (obiektów). Osobno rozważono obciążenia działające na kierowcę podczas bocznego uderzenia nadwozia. Wskazano sposób prognozowania prawdopodobieństwa obrażeń na podstawie wskaźnika urazów torsu. Wykorzystując zgromadzoną wiedzę, zapisano założenia do modelowania.

Przygotowano model zderzenia czołowo-bocznego i model oddziaływania pojazdu na kierowcę. Rozważono układ dwóch zderzających się samochodów, który oddziałuje ze środowiskiem zewnętrznym (opory ruchu). Stanowi to wyróżnienie zaproponowanego modelu, względem spotykanych w literaturze. Istotnym aspektem w modelowaniu jest odtworzenie oddziaływań zewnętrznych, jakim poddawany jest samochód podczas bocznego uderzenia. Zaproponowano własną metodykę obliczania sił oddziaływania między zderzającymi się pojazdami, gdzie wykorzystano wyznaczoną charakterystykę deformacji boku nadwozia. Uwzględniono zróżnicowanie właściwości konstrukcyjno-materiałowych przedniej i bocznej części nadwozia samochodu oraz ich wpływ na procesy deformacji i rozpraszania energii zderzenia. Ponadto, uwzględniono nieliniowy model TM-Easy współpracy koła ogumionego z nawierzchnią. Osobno opracowano model oddziaływania pojazdu na kierowcę. Rezultaty obliczeń modelu zderzenia (przyspieszenie nadwozia i proces deformacji bocznej jego części) potraktowano jako wymuszenia kinematyczne do wyznaczenia oddziaływań, jakim poddawany jest kierowca. Odtwarzano właściwości torsu manekina antropomorficznego z badań eksperymentalnych. Odpowiedzią modelu jest m. in. obliczona wartość biomechanicznego wskaźnika urazów torsu, stanowiąca podstawę do wnioskowania o skutkach zderzenia czołowo-bocznego.

Część parametrów modeli nie była możliwa do zmierzenia lub obliczenia na podstawie rezultatów testów zderzeniowych i badań pojazdów. Stąd też zaproponowano kilku etapową procedurę parametryzacji i weryfikacji eksperymentalnej modeli. W trakcie jej realizacji regulowano wartości wybranych parametrów modeli i oceniano zgodność odpowiedzi ze skutkiem odtwarzanego testu zderzeniowego. Na podstawie weryfikacji eksperymentalnej względem wyników kilku testów zderzeniowych wnioskowano o możliwości prowadzenia badań modelowych dla różnych warunków początkowych zderzenia. Tak przygotowane modele wykorzystano do badań w rozprawie.

Przeprowadzone badania modelowe wykazały, że wyniki obliczeń umożliwiają analizę relacji pomiędzy warunkami początkowymi a skutkami zderzenia czołowo-bocznego samochodów osobowych, a w szczególności procesu deformacji bocznej części nadwozia i powstawania zagrożenia dla kierowcy samochodu uderzanego w bok. Opracowano zależność analityczną między wartością zaproponowanego predyktora (energii kinetyczną uderzenia) a prawdopodobieństwem obrażeń kierowcy samochodu uderzanego. Umożliwia ona prognozowanie prawdopodobieństwa obrażeń na podstawie warunków początkowych zderzenia, a także szacowanie warunków początkowych (np. prędkości samochodu uderzającego) na podstawie znanych obrażeń kierowcy samochodu uderzanego w bok w procesie rekonstrukcji wypadku drogowego. Ustalono, że modyfikacja właściwości konstrukcyjno-materiałowych drzwi tylnych nadwozia umożliwia częściowe ograniczenie zasięgu deformacji w obszarze fotela kierowcy. Jednocześnie jednak występuje wzrost obciążeń bezwładnościowych, jakim poddawany jest kierowca. Potwierdza to konieczność kompromisowego podejścia w kształtowaniu właściwości struktur energochłonnych na boku nadwozia.

Mateusz Ziabiński