

prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski
Wydział Mechaniczny
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa
Tel.: +48 261 839 140
E-mail: jerzy.malachowski@wat.edu.pl

Warszawa, 06.06.2019 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej pt. *Wpływ parametrów masowych słupa oświetleniowego na wartość współczynników bezpieczeństwa biernego pojazdów w trakcie zderzenia* napisanej przez mgra inż. WOJCIECHA DANEK

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowi pismo Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej, Pani dr hab. inż. ANNY TIMOFIEJCZUK, prof. nadzw. Pol. Śl., podyktowane decyzją Rady Naukowej Wydziału z dnia 27.03.2019 r. i dołączona do niego rozprawa doktorska mgra inż. WOJCIECHA DANEK pt. *Wpływ parametrów masowych słupa oświetleniowego na wartość współczynników bezpieczeństwa biernego pojazdów w trakcie zderzenia*. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. DAMIAN GĄSIOREK, prof. Pol. Śl.

2. Omówienie pracy

Recenzowana praca została napisana na 122 stronach maszynopisu formatu A4; składa się z 9 rozdziałów, streszczeń w j. polskim i angielskim oraz bibliografii, w skład której wchodzi 107 pozycji literaturowych łącznie z odwołaniami do stron internetowych. Tytuły poszczególnych rozdziałów są następujące: (1) Wstęp; (2) Przegląd literatury; (3) Cel i zakres pracy; (4) Opis badanego obiektu; (5) Identyfikacja parametrów modeli materiałowych komponentów układu; (6) Symulacje numeryczne zderzenia pojazdu ze słupem oświetleniowym; (7) Wpływ grubości słupa oświetleniowego na wartość współczynników bezpieczeństwa biernego; (8) Wpływ położenia środka masy słupa oświetleniowego na wartość współczynników bezpieczeństwa biernego ASI i THIV; (9) Podsumowanie i wnioski.

Przedmiot rozprawy doktorskiej ma charakter aplikacyjny i obejmuje problematykę bezpieczeństwa biernego pojazdów w trakcie zderzenia ze słupem oświetleniowym. Autor zawarł w dysertacji wyniki swoich prac, związane z wpływem wybranych parametrów na wartość współczynników bezpieczeństwa biernego w zagadnieniu dynamicznej interakcji pojazdu z konstrukcją wspomnianego słupa służącego do oświetlenia ulicy/drogi. Rozważania

numeryczne w dużej mierze dotyczyły konstrukcji słupów wykonanych z materiału kompozytowego. Uzyskane wyniki Doktorant porównał z istniejącymi rozwiązaniami dotyczącymi konstrukcji wykonanych z aluminium. We wstępnej części rozprawy, tj. przed wykonaniem zaawansowanych analiz dynamicznych odzwierciedlających zderzenie pojazdu z analizowaną konstrukcją słupa, Autor wykonał serię badań eksperymentalnych mających na celu identyfikację parametrów materiałowych dla potrzeb wyboru odpowiednich modeli konstytutywnych, szczególnie w aspekcie modelowania procesu zniszczenia materiału kompozytu. W kolejnym etapie został wykonany przez Autora model numeryczny procesu zderzenia pojazdu ze słupem oświetleniowym, który walidowano w oparciu o dostępne uzyskane wyniki z badań poligonowych. W procesie tym Doktorant porównywał wartości współczynnika ASI oraz obrazy z chwil zderzenia uzyskanych z badań doświadczalnych oraz testów numerycznych. Jako główny cel badawczy Autor wyznaczył sobie sprawdzenie redukcji wartości współczynników bezpieczeństwa biernego, gdzie zaproponował dwa podejścia. W pierwszym z nich podjął się określenia wpływu grubości ścianki słupa oświetleniowego na wartości współczynników ASI oraz THIV. W drugim kroku przeprowadził badania ukierunkowane na ocenę skutków zmiany położenia środka masy na wartość wspomnianych współczynników. Na bazie przeprowadzonych testów i otrzymanych wyników sformułował wnioski końcowe oraz przedstawił elementy rozprawy, które uznał za oryginalne.

3. Uwagi krytyczne, pytania merytoryczne, uwagi redakcyjne oraz zagadnienia dyskusyjne

Po zapoznaniu się z treścią całej rozprawy, Recenzent chciałby otrzymać odpowiedzi/wyjaśnienia na następujące kwestie oraz wyraża swoje następujące wątpliwości:

- 1) Na str. 19 użyto stwierdzenia „Wyniki badań doświadczalnych przedstawiono w formie współczynników bezpieczeństwa biernego ASI oraz THIV dla słupów o wymiarach 10 i 12,4 m.”. W miejsce wymiaru słupa winna być zdefiniowana jego wysokość – czy o to chodziło Autorowi?
- 2) W rozdziale 3 (str. 23) Autor stwierdza, że „Testy wirtualne przeprowadzono dla dwóch różnych prędkości najazdu pojazdu: 30 km/h oraz 50 km/h.”, a na str. 24. „Wpływ grubości ścianki słupa na wartości współczynników bezpieczeństwa biernego przedstawiono dla dwóch prędkości najazdu pojazdu: 35 km/h oraz 50km/h.” Czym była podyktowana ta zmiana parametrów? Czy może to czysty błąd edytorski?
- 3) W badaniach nad charakterystykami mechanicznymi (rozdział 5) brak jest odniesienia, czy mierzone wielkości odkształcenia i wyliczane wielkości

naprężenia mają charakter inżynierski, czy rzeczywisty? Które w związku z tych wielkości były wzięte do badań numerycznych?

- 4) Uwaga natury edycyjnej: dlaczego Tabela 4 nie została w całości zaprezentowana na jednej stronie? To znacząco utrudnia analizę otrzymanych wyników. Czy Doktorant przyjął do badań otrzymane wartości średnie? Brak jest wyliczonych wartości odchyłek statystycznych z dokonanych pomiarów.
- 5) Zaprezentowany w rozdziale 5.2 model zniszczenia kompozytu nie zawiera opisu procesu delaminacji, który to proces też ma swój znaczny udział w bilansie energetycznym związanym z rozpraszaniem (absorbacją) energii, np. w procesie zderzenia pojazdu z kompozytową konstrukcją słupa? Na ile była to świadoma decyzja i wynikała z wstępnych analiz, czy też było to podyktowane brakiem dostępu do badań kompozytów zaprezentowanych w pracy i brakiem możliwości oszacowania tych wielkości?
- 6) Na stronie 37 Autor pisząc „Gruntu luźnego, średnio zagęszczonego oraz gruntu zagęszczonego, których parametry odpowiadały wymaganiom stawianym przez polskie normy.” nie przytacza tych norm (brak referencji).
- 7) W Tab. 7 zamiast „Moduł Kirkchoffa” winno być napisane „Moduł Kirchhoffa”.
- 8) Brak jest opisu realizacji warunków badań (czy to numerycznych, czy też eksperymentalnych) użytych do zaprezentowania przebiegów wartości współczynnika bezpieczeństwa biernego ASI w zależności od stopnia zagęszczenia gruntu (Rys. 24).
- 9) Na str. 40 widnieje zdanie „Badania doświadczalne dla aluminium stosowanego na słupy oświetleniowe były tematem wcześniejszych prac własnych, a otrzymane wyniki przedstawiono na Rys. 26.”. Brak jest jednak referencji w bibliografii odnoszących się do tego sformułowania.
- 10) Na str. 42 Doktorant w sposób nie zawierający szczegółów zawarł opis zbudowanego modelu numerycznego w sposób bardzo ogólnikowy, który prezentuje następująca treść „W celu odzwierciedlenia rzeczywistych warunków panujących w trakcie zderzenia słup oświetleniowy zamodelowano wraz z drzwiczkami inspekcyjnymi i wysięgnikiem oraz osadzono w gruncie.”. Jest to niezwykle ważne zagadnienie z punktu widzenia poprawnego opisu ciał wchodzących pod wpływem działającego obciążenia w dynamiczną interakcję i wskazanym byłoby uzupełnienie tego opisu mając na względzie opis statystyczny modelu MES, opis realizacji interakcji słupa z gruntem, czy też szczegółowy opis opracowanego modelu drzwiczek w słupie, który w strukturze ścianki słupa są

źródłem nieciągłości i mogą stać formą karbu geometrycznego generującego spiętrzenie stanu naprężenia.

- 11) W wielu punktach opisu modelu Doktorant odwołuje się do nazw kart sterujących kodem wsadowym, co w przypadku osoby nie będącej specjalistą w tym zagadnieniu znacząco utrudnia zrozumienie opis modelowanego procesu czy też jego cech mechanicznych (np. MAT_024 PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY , CONTACT_AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE, MAT_007 BLATZ-KO RUBBER, itp.).
- 12) Brak jest w szeregu przedstawionych wykresów opisujących bilans energetyczny informacji, czy bilans ten dotyczy opisu całości realizowanego zagadnienia, czy też powinien być ukierunkowany na bilans zmiany energii wewnętrznej wynikającej z trwałych lokalnych deformacji powstałych w procesie zderzenia ciał i odnoszący się w ten sposób do zagadnienia procesu absorpcji, czy to przez słup wykonany z kompozytu/aluminium, czy też przez sam pojazd. Jaki był wpływ wynikający z pracy sił tarcia pomiędzy zderzającymi się obiektami? Jest to szczególnie ważne z punktu widzenia oceny poziomu pochłoniętej energii czy też bezpieczeństwa pojazdu zawarte i opisane przez Autora w Tab. 2 (str. 16).
- 13) Autor używa stwierdzenia (str. 53) „Wystąpienie takiego zjawiska może nieść ze sobą dodatkowe ryzyko dla innych uczestników ruchu znajdujących się w niewielkiej odległości od miejsca zdarzenia, natomiast umożliwia zredukowanie uszkodzeń pojazdu.”. Recenzent wyraża wątpliwość, czy jednym z celów prowadzonych badań nie powinno być także bezpieczeństwo kierującego pojazdem i pasażerów?
- 14) Na ile, w opinii Autora, wpływa na symulowane zagadnienie zderzenia pojazdu ze słupem stosunek sztywności obu obiektów, a na ile jest to wpływ wynikający ze stosunku zderzających się mas (obiektów masowych) wchodzących w interakcję dynamiczną?
- 15) W rozdziale 7 Autor przedstawia warunki obciążenia słupów wynikające z parcia wiatrem. Dlaczego w tych rozważaniach nie analizuje się wpływu oblodzenia na te cienkościenne i smukłe konstrukcje słupów oświetleniowych?
- 16) Na str. 69 istnieje sformułowanie „Symulacje te były przeprowadzone przy grubości ścianki słupa w przedziale od 3,4 do 10 mm.”. Doktorant jednak nie definiuje jakie były kolejne analizowane zmiany grubości. Czy miały one charakter dyskretny czy ciągły?

- 17) Z jakiego faktu wynikało zaproponowane sumaryczne kryterium (równanie 30) opisujące 50%, równy udział wagowy zarówno dla współczynnika ASI, jak też i THIV?
- 18) Stwierdzenie ze str. 99 „Przeprowadzona optymalizacja postaci konstrukcyjnej z zastosowaniem algorytmu genetycznego umożliwiła zredukowanie wartości współczynnika bezpieczeństwa biernego ASI odpowiednio w słupach wykonanych z aluminium o 1,8%, natomiast w słupach z materiału kompozytowego o 1,1%.” Te uzyskane wielkości są w granicach błędu numerycznego. Proszę o komentarz.
- 19) Stwierdzenie użyte przez Autora na str. 105 „Uzyskane wartości dla słupa oświetleniowego o rzeczywistych wymiarach, zmieniają się zaledwie o 1-2%, gdzie dla stanowiska badawczego uzyskiwana była zmiana wartości współczynnika ASI, o ponad 10% w stosunku do początkowej postaci.”. Doktorant nie zauważył, że w zaproponowanych badaniach wystąpił brak efektu skali i dlatego szereg testów realizowanych w wersji laboratoryjnej nie może służyć do wyciągania wniosków końcowych dla badań na drodze numerycznej obiektów pełnowymiarowych. Jest rzeczą oczywistą, że pewna grupa zagadnień się nie skaluje lub zaproponowany w tym przypadku przez Autora test nie był w pełni reprezentatywny do zrealizowanych badań poligonowych. Proszę o komentarz.

4. Ocena końcowa przedłożonej rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska charakteryzuje się przede wszystkim bardzo ważnym aspektem aplikacyjnym i wskazuje na potrzebę dalszych badań w przedmiotowym zagadnieniu. Jest to potwierdzone przez Doktoranta zarówno na testach laboratoryjnych, poligonowych, jak też w badaniach numerycznych. Omawianą rozprawę cechują także walory poznawcze, co może stanowić przyczynek do poszukiwania dalszych nowych rozwiązań konstrukcyjnych słupów oświetleniowych.

Na wartość naukową rozprawy składają się w opinii Recenzenta następujące elementy, które są zarazem elementami oryginalnymi tejże rozprawy doktorskiej:

- 1) wdrożenie autorskiego algorytmu umożliwiającego wyznaczenie współczynników bezpieczeństwa biernego ASI oraz THIV na podstawie wyników uzyskanych z symulacji numerycznej,
- 2) zaproponowanie oryginalnych badań modelowych na stanowisku badawczym mającym symulować zachowanie słupa oświetleniowego w trakcie zderzenia z pojazdem,

- 3) implementacja metod optymalizacji pod kątem poszukiwania najlepszej lokalizacji środka ciężkości słupa oświetleniowego mając na względzie spełnienie postawionych kryteriów bezpieczeństwa.

Równocześnie Recenzent pragnie zauważyć, iż poddana recenzji rozprawa powstała w całości w oparciu o liczne i zaawansowane badania doświadczalne oraz opracowane oryginalne modele numeryczne procesu zderzenia pojazdu z konstrukcją słupa oświetleniowego. Dodatkowym atutem tejże rozprawy jest też fakt zdobycia przez Doktoranta szeregu nowych umiejętności w zakresie przeprowadzonych badań eksperymentalnych zarówno w warunkach laboratoryjnych (np. identyfikacja cech mechanicznych materiałów), jak też w warunkach polowych (test zderzenia pojazdu z konstrukcją słupa). Otrzymane i zaprezentowane wyniki, w opinii Recenzenta, stanowią cenny materiał badawczy w zakresie dalszego rozszerzenia analiz komputerowych uwzględniających np. lokalne efekty wyboczenia na skutek uplastycznienia materiału ścianki (np. dla konstrukcji aluminiowej słupa), czy też zainicjowania procesu zniszczenia kompozytowej konstrukcji słupa i doprowadzenia w obu omawianych przypadkach do utraty przez niego stateczności globalnej (np. wskutek zderzenia pojazdu z konstrukcją słupa oświetleniowego przy znacznie mniejszej prędkości pojazdu). Tak jak już Recenzent wspomniał, stwarza to nowy i bogaty obszar eksploracji naukowej w zakresie rozwijania i stosowania zaawansowanych analiz dynamicznych (testów wirtualnych) na kierunku poprawy bezpieczeństwa zarówno przechodniów (pieszych), jak też kierujących pojazdami i ich pasażerów.

Należy podkreślić, że Doktorant wykonał pracę doktorską na poziomie edytorskim wymagającym jeszcze wprowadzenia szeregu poprawek edycyjnych, które winny znaleźć się w poddanej do recenzji rozprawie przed podjęciem decyzji o jej dalszej publikacji np. w postaci monografii poddoktorskiej.

5. Wniosek końcowy

Recenzent stwierdza, że przedstawiona dysertacja doktorska spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez ustawę „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z dnia 14 marca 2003 roku, z późn. zm.) i stawia wniosek o dopuszczenie do publicznej obrony rozprawy doktorskiej mgra inż. WOJCIECHA DANEK.

