

Prof. dr hab. inż. Wojciech Sumelka  
Politechnika Poznańska  
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu  
Instytut Analizy Konstrukcji  
ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań  
[wojciech.sumelka@put.poznan.pl](mailto:wojciech.sumelka@put.poznan.pl)

Poznań, 12.12.2023r.

**RECENZJA**  
rozprawy doktorskiej  
mgr inż. Przemysława Sebastjana

**1. Podstawa formalna recenzji**

- Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej z dnia 27 września 2023r.;
- Pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej Prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak (RDIMe-512.20.2023) z dnia 29 września 2023r.;
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668, z póź. zm.).

**2. Sylwetka Doktoranta**

Pan mgr inż. Przemysław Sebastjan uzyskał stopień magistra inżyniera w 2015 roku na Politechnice Śląskiej w Gliwicach (dalej PŚ). Kandydat począwszy od roku 2019 jest doktorantem w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna we Wspólnej Szkole Doktorskiej PŚ. Doktorant jest współautorem 5 publikacji naukowych oraz prezentował swoje wyniki na 8 konferencjach. Ponadto Kandydat jest zatrudniony w firmie TENNECO AUTOMOTIVE EASTERN EUROPE w Gliwicach na stanowisku Engineering Supervisor (CAE).

**3. Charakterystyka i ocena rozprawy**

**3.1. Zawartość rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Przemysława Sebastjana pt. „*Optimization of automotive suspension components with consideration of their unstable behavior*” obejmuje 122 strony,

w tym: strona tytułowa, spis treści, opis oznaczeń, 7 rozdziałów, spis literatury o łącznej liczbie 134 pozycji (w tym trzy współautorskie prace Kandydata) oraz streszczenia w językach angielskim i polskim. W pracy postawiono tezę oraz zdefiniowano kroki milowe w celu jej udowodnienia. Teza obejmuje stwierdzenie, iż jest możliwe sformułowanie metody oraz algorytmu optymalizacji pozwalających na minimalizację masy amortyzatora samochodowego, uwzględniając stateczność układu zawieszenia pod działaniem ekstremalnych sił ściskających oraz uwzględniając kryterium wykonalności optymalizowanych komponentów.

W rozdziale 1 Doktorant definiuje tezę oraz kroki milowe w celu jej udowodnienia. Ponadto Kandydat w sposób zwięzły streszcza zawartość poszczególnych rozdziałów.

Rozdział 2 obejmuje omówienie budowy oraz działania amortyzatora samochodowego ze szczególnym uwzględnieniem stateczności układu. Ponadto, Doktorant zwięźle omawia Metodę Elementów Skończonych (dalej MES) w zakresie ograniczeń modelowych przyjętych w rozprawie (statyka liniowa oraz statyka nieliniowa – nieliniowość geometryczna).

W rozdziale 3, Doktorant dokonuje przeglądu wybranych metod optymalizacji oraz wprowadza w zagadnienie metamodelowania. Omówione zostają algorytmy gradientowe, algorytm genetyczny i strategia ewolucyjna, oraz zdanie optymalizacji topologii. W ramach zagadnienia metamodelowania omówione zostają strategie próbkowania, metoda powierzchni odpowiedzi, sztuczne sieci neuronowe oraz Krigingi.

Rozdziały 4 i 5, kluczowe dla rozprawy, przedstawiają opis wykorzystywanego algorytmu hybrydowego (bazującego na algorytmie genetycznym oraz strategii ewolucyjnej) oraz proces doboru ustawień parametrów tegoż algorytmu. Zaproponowany algorytm hybrydowy posiada w sumie 9 parametrów: 7 operatorów genetycznych, oraz 2 parametry funkcji kary zewnętrznej. Ponadto, przedstawiono dyskusję wydajności ww. algorytmu oraz uwzględniono ograniczenia wynikające z procesu produkcji.

Rozdział 6 w całości poświęcony jest implementacji opracowanych procedur optymalizacji. Szczegółowej analizie poddano dwa kute uchwyty amortyzatorów: pierwszy dotyczył pasywnego amortyzatora jednorurowego; drugi obejmował amortyzator półaktywny. Dla każdego z przypadków opisano szczegółowe założenia modelowe, optymalizację topologii oraz weryfikację wygładzonych modeli.

Rozprawę kończy rozdział 7, gdzie szczegółowo podsumowano otrzymane wyniki, co pozwoliło na udowodnienie postawionej tezy (w ramach przyjętych ograniczeń modelowych) oraz w zdefiniowano przyszłe kierunki badań.

### 3.2. Ocena merytoryczna rozprawy

#### 3.2.1. Uwagi ogólne

Przedmiotowa rozprawa traktuje o istotnych problemach stawianych w inżynierii mechanicznej, a związanych z mechaniką pojazdów. Optymalne projektowanie (wszelkich elementów konstrukcyjnych pojazdów, w tym uchwytów amortyzatorów) zmierza do realizacji globalnego zadania jakie stawiane jest obecnie przed ludzkością, a mianowicie transformację do „zielonego” przemysłu, zrównoważonego z otaczającym środowiskiem. Równocześnie ww. zdania należą do problemów o największej złożoności (w tym obliczeniowej) i wymagają interdyscyplinarnych studiów – podobnie niniejsza praca łączy zagadnienia charakterystyczne dla mechaniki, informatyki i matematyki. Jednoznacznie można zatem stwierdzić, iż Doktorant trafnie zdefiniował cele badawcze.

Praca jest zredagowana zasadniczo poprawnie pod względem edytorskim i jednoznacznie wykazuje zrozumienie przez Doktoranta omawianych treści. Niemniej, rozprawa ma nietypowy układ w sensie nieuwzględnienia klasycznego przeglądu literatury uzasadniającego przyjętą tezę – pewnym ekwiwalentem jest rozproszenie tych informacji w różnych rozdziałach. Równocześnie stwierdzam, iż zachowano dobre proporcje pracy, gdzie 50% obejmuje syntezę znanych treści, natomiast drugie 50% obejmuje treści oryginalne. Jest istotne, iż cytowane prace przez Kandydata, o łącznej liczbie 134 pozycji (w tym trzy współautorskie prace Kandydata), są aktualne i obejmują reprezentatywne osiągnięcia ostatnich dwóch dekad, co dodatkowo podkreśla, iż podejmowana tematyka jest aktualnym nurtem badawczym.

W tym miejscu nadmienię, iż za największe osiągnięcie doktoranta uważam sformułowanie oryginalnego hybrydowego algorytmu optymalizacji, w tym jego kalibrację (rozdziały 4 i 5), umożliwiającego uzyskanie rozwiązania problemu o wysokiej złożoności obliczeniowej. Za istotne uważam ponadto, uwzględnienie w pętli optymalizacyjnej nieliniowości geometrycznych, które znacząco skomplikowały uzyskanie nowej topologii uchwytu i wymagało wykorzystania technik metamodelowania. Co równie ważne, realnym wynikiem rozprawy są również stworzone przez Doktoranta liczne skrypty, algorytmy oraz

programy do przygotowania danych, przeprowadzenia optymalizacji, oraz przetwarzania wyników oraz że zostały one wdrożone w przedsiębiorstwie, którego pracownikiem jest Kandydat.

W konkluzji, podsumowanie pracy jest zgodne z uzyskanymi rezultatami, a wyznaczone kierunki dalszego rozwoju pozwalają stwierdzić, iż tematyka badawcza omawiana w rozprawie może być kontynuowana i rozwijana.

### 3.2.2. Uwagi główne

Szczegółowa analiza rozprawy skłania do postawienia następujących istotnych pytań problemowych, odnośnie ograniczeń modelowych jakie przyjęto przy definiowaniu zadania optymalizacji kutech uchwytów amortyzatorów:

- dlaczego pominięto wpływ zjawiska zmęczenia materiału – czy może ono mieć istotny wpływ na otrzymany optymalny kształt uchwytów;
- dlaczego pominięto wpływ sił bezwładności, w tym możliwości zaistnienia zjawiska rezonansu (zakładając np. harmoniczną – do pewnego stopnia – degradacji powierzchni podłoża po którym porusza się pojazd) – czy ew. zdefiniowanie zadania jako problemu dynamiki liniowej/nieliniowej może mieć istotny wpływ na otrzymany optymalny kształt uchwytów;
- dlaczego pominięto wpływ oddziaływań termicznych – czy uwzględnienie wpływu temperatur w zakresie  $-30^{\circ}\text{C}$   $+50^{\circ}\text{C}$  może mieć istotny wpływ na otrzymany optymalny kształt uchwytów;
- dlaczego nie odniesiono wyników uzyskanych w rozdziale 6 do istniejących rozwiązań w przemyśle np. określając procent zmniejszenia masy uchwytów;
- jaki jest wpływ wygładzenia geometrii na rezultaty zaprezentowane w podrozdziałach 6.1.1 oraz 6.3.4, w sensie zmiany siły krytycznej oraz masy (w porównaniu do bazowego rozwiązania przed wygładzeniem);
- istotnym czynnikiem decyzyjnym w procesie optymalizacji topologicznej jest poziom naprężeń zredukowanych Hubera-Misesa-Hencky'ego. Miara ta, jak wiemy, uwypukla znaczenie drugiego niezmiennika stanu naprężenia - czy przyjęcie innej miary naprężeń zredukowanych np. uwzględniających pełną trójosiowość (wpływ trzech niezmienników) może mieć istotny wpływ na otrzymany optymalny kształt uchwytów.

Ponadto, dodatkowego komentarza wymaga:

- nie podano w jaki sposób zaprogramowano przedmiotowe zagadnienie optymalizacji – w tekście rozprawy wymienione są zdawkowo nazwy programów takich jak Abaqus, Isight, MiniTab, czy też język programowania Python, niemniej nie przedstawiono np. w postaci schematu przepływu informacji;
- w nawiązaniu do uwagi powyżej, nie podano które procedury były opracowane samodzielnie przez Kandydata;
- nie podano precyzyjnie czasu obliczeń oraz parametrów komputera na którym wykonywano obliczenia.

W przekonaniu recenzenta wystarczające jest omówienie powyższych kwestii w trakcie obrony i/lub odpowiedziach (komentarzach) skierowanych tradycyjnie do recenzenta w formie pisemnej przed obroną.

### 3.2.3. Uwagi szczegółowe

- w wielu miejscach tekst jest nieprecyzyjny np. :
  - tuż przed zdefiniowaniem tezy str. 8 „...with loads and boundary conditions reflecting the physical and virtual validation of the isolated shock absorbers (even though their actual vehicle-based working conditions may be different)” – może to powodować, iż czytelnik nie jest przekonany jak rozumieć przyjęte ograniczenia w świetle tezy – umożliwiają one uzyskanie realnego rozwiązania, czy też nie;
  - str. 21 – komentarz przed równaniem 2.5 “Taking into account the moment equilibrium in a unit body, the stress tensor (2.4) can be represented by a vector (2.5)” – można odnieść wrażenie, iż dla dowolnego ciała taka reprezentacja nie może być zastosowana;
- błędy edytorskie:
  - $S$  winno być pogrubione po wzorem 2.18;
  - wzór 2.37 – brakuje  $u$ ;
  - wzór 2.43 – winno być  $du^{1/2}$ ;
- przy wzorze 3.1 warto wspomnieć o możliwości optymalizacji wielokryterialnej (zazwyczaj takie zadania mamy stawiane w inżynierii);

- w podrozdziale 3.2.1. pominięto dyskusję mutacji;
- dlaczego wybrano elementy skończone 2 rzędu;
- rozwiązanie zaprezentowane na rys. 6.3 (ISO view) (iter. >102) sugeruje na rozwiązanie uchwytu z jednym elementem łączącym – brak zgodności z „XZ view”.

### 3.3. Podsumowanie

Opiniowana rozprawa doktorska w pełni zasługuje na pozytywną ocenę. Sformułowane w recenzji uwagi krytyczne/pytania mają na celu wyłącznie podniesienie szczegółowości wypowiedzi. Osiągane w rozprawie oryginalne rezultaty, mogą ponadto stanowić bazę do dalszego rozwoju naukowego. Na podkreślenie zasługuje złożoność podjętego problemu badawczego oraz ścisły związek uzyskiwanych rezultatów z wymogami przemysłu.

### 4. Wniosek końcowy

Stwierdzam, iż rozprawa doktorska mgr inż. Przemysława Sebastjana pt. „*Optimization of automotive suspension components with consideration of their unstable behavior*” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a Kandydat wykazał ogólną wiedzę teoretyczną z zakresu optymalizacji konstrukcji mechanicznych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W związku z powyższym uważam, że rozprawa doktorska Przemysława Sebastjana pt. „*Optimization of automotive suspension components with consideration of their unstable behavior*” spełnia warunki określone w z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668, z póź. zm.) i wnioskuję o jej przyjęcie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna PŚ i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Prof. Wojciech Sumelka

/podpis odręczny/

\*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)