

Dr hab. inż. Marta Kurek, prof. uczelni  
Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Opolska

Opole, 20.11.2023

## Recenzja

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Przemysława Sebastjana pt.: „Optimization of automotive suspension components with consideration of their unstable behavior”**

Recenzję pracy wykonano na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak z dnia 27 września 2023r.

**W recenzji rozprawy doktorskiej mgra inż. Przemysława Sebastjana w pierwszej kolejności odniesiono się do zagadnień ogólnych dotyczących charakterystyki pracy. Następnie przedstawiono istotne (oryginał) elementy pracy, uwagi szczegółowe oraz pytania. W części podsumowującej niniejszą recenzję przedstawiono ocenę dysertacji w relacji do wymogów stawianych rozprawom doktorskim. Całość recenzji zamyka wniosek końcowy.**

### **1. Charakterystyka pracy**

Dzisiejszy rynek motoryzacyjny stawia szereg wymagań w zakresie projektowania, konstruowania oraz produkcji różnych mechanizmów stosowanych w przemyśle samochodowym. Komponenty te powinny charakteryzować się niską masą przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej wytrzymałości. Pojazdy XXI wieku powinny być

**Biuro Dziekana**

wpłynęło dnia 20.11.2023  
203Me/304/51/2023  
nr ..... zał. ....

efektywne, ekologiczne oraz wytrzymałe, aby zapewnić długotrwałą i niezawodną eksploatację, a także aby zmniejszyć zużycie surowców i generowanie odpadów, co przyczyni się do bardziej zrównoważonej produkcji i użytkowania pojazdów. Dążymy również do produkcji lekkich pojazdów, które jednocześnie muszą spełniać rygorystyczne standardy bezpieczeństwa, co przekłada się na obniżenie zużycia paliwa, emisji CO<sub>2</sub> i jest zgodne z obecnymi trendami ekologicznymi oraz zrównoważonym rozwojem. Recenzowana praca doktorska Pana mgr inż. Przemysława Sebastjana idealnie wpisuje się w tą tematykę ponieważ koncentruje się na problematyce optymalizacji kształtu elementów amortyzatora samochodowego, skupiając się na redukcji masy, przy jednoczesnym uwzględnieniu ograniczeń związanych z utrzymaniem stabilności całego systemu zawieszenia.

Praca została zawarta na 122 stronach. Jest to wielkość standardowa dla tego typu prac. Praca została napisana w języku angielskim i podzielona na 7 numerowanych rozdziałów. Całość pracy została poprzedzona wykazem ważniejszych oznaczeń, co jest dobrym zwyczajem, ponieważ sprawia, że praca staje się wtedy bardziej czytelna. Niemniej jednak, spis ten wydaje się być nadmiernie rozbudowany, nie został ułożony w alfabetycznej kolejności, brakuje również jednostek. Po numerowanych rozdziałach zamieszczono spis cytowanej literatury oraz streszczenie pracy w języku polskim i angielskim.

W rozdziale pierwszym rozprawy doktorskiej Autor umieścił prolog, opisał motywację podjęcia danej tematyki, przedstawił zakres, cel oraz strukturę pracy doktorskiej. Przedstawił również tezę pracy, która jest interesująca i zgodna z istniejącym obecnie trendem.

Sposób działania amortyzatora, jego budowa oraz opis problemów związanych z uwzględnieniem stateczności kolumny zawieszenia zostały opisane w rozdziale drugim. Rozdział ten został uzupełniony o wiadomości dotyczące metody elementów skończonych (MES) ze szczególnym uwzględnieniem nieliniowych aspektów symulacji. Kolejny obszerny rozdział został poświęcony tematyce dotyczącej technik i metod optymalizacji: metody oparte na gradiencie, optymalizacja inspirowana biologią czy optymalizacja topologii. Druga część rozdziału trzeciego odnosiła się do zagadnień metamodelowania. Autor opisał metodę pozyskiwania danych w celu efektywnego tworzenia metamodeli oraz przedstawił trzy różne rodzaje metamodeli. W rozdziale czwartym Autor prezentuje własny, hybrydowy algorytm optymalizacji, składający się z kolejno wykonywanych: algorytmu genetycznego (w jednej z dwóch odmian) oraz strategii ewolucyjnej. Zakres analizy obejmował topologię dolnego uchwytu amortyzatora samochodowego. Zaproponowany model hybrydowy posiada w sumie 9 parametrów: 7 operatorów genetycznych, oraz 2 parametry funkcji kary zewnętrznej, które

zostały wcześniej zweryfikowane. Rozdział czwarty został uzupełniony o analizę MES w odniesieniu do rozdziału drugiego.

W celu zwiększenia efektywności prezentowanego modelu optymalizacji przeprowadzono proces dostosowywania operatorów genetycznych oraz parametrów funkcji kary. Jest to główny wątek rozdziału piątego, który został podzielony na trzy podrozdziały opisujące wyniki analiz. W tym celu posłużono się metamodelowaniem i wykorzystano dwa typy metamodeli. Wyniki tych analiz doprowadziły do zaproponowania dwóch autorskich wersji algorytmu hybrydowego. Pierwszy model to jednopopulacyjny algorytm genetyczny o charakterystyce niewielkiej liczby osobników, które ewoluują przez wiele pokoleń. Drugi algorytm wykorzystuje podejście wielowyspowe z dwiema niezależnymi, nadal stosunkowo małymi populacjami i ograniczoną liczbą pokoleń, ale z cyklicznym przemieszczaniem osobników pomiędzy tymi populacjami. W rozdziale szóstym przeprowadzono weryfikację zaproponowanych metod oraz autorskich modeli. Do weryfikacji wykorzystano dwa amortyzatory teleskopowe, wykonane z materiałów metalowych, które zostały poddane obciążeniom odzwierciedlającym rzeczywisty plan walidacji amortyzatorów samochodowych poddanych utracie stateczności. W obu przypadkach najlepsze rezultaty (najniższą masę uchwytu spełniającego warunki stateczności całego układu zawieszenia) uzyskano przy pomocy metody przestrzennej LSM. Uzyskane wyniki posłużyły Autorowi do stworzenia nowych, wygładzonych modeli geometrycznych uchwytów dla amortyzatora pasywnego oraz dla półaktywnego. Rozważania zostały uzupełnione o nieliniową analizę metodą elementów skończonych, które potwierdziły, iż uzyskane kształty uchwytów rzeczywiście spełniają wymagania dotyczące stabilności systemu. Rozdział szósty został zakończony krótkim podsumowaniem uzyskanych wyników. Ostatni rozdział, siódmy zawiera zestawienie wniosków, opis wdrożenia prezentowanej metodologii w firmie oraz kierunek przyszłych badań doktoranta. Na końcu pracy zestawiono cytowaną literaturę w liczbie 134 pozycji bibliograficznych, z których większość jest obcojęzyczna, co w stopniu zadowalającym pozwoliło na analizę obecnego stanu wiedzy na dany temat. Układ spisu literatury jest jednak nieczytelny, zaczyna się on od inicjałów imienia a następnie nazwiska. W mojej opinii klarownie byłoby, gdyby spis zaczynał się od nazwiska a następnie inicjały imienia.

W cytowanej literaturze można znaleźć 3 publikacje naukowe doktoranta, co jest bardzo cenne, rodzi się jednak pytanie o wystąpienia na konferencjach krajowych i międzynarodowych doktoranta. Praca doktorska zakończona jest streszczeniem, zarówno w języku polskim jak i angielskim.

**Do najistotniejszych osiągnięć niniejszej rozprawy doktorskiej można zaliczyć:**

1. Przeprowadzenie licznych badań teoretycznych dotyczących wprowadzenia do teorii i metod optymalizacji wraz z zagadnieniami metamodelowania.
2. Wykonanie nieliniowej analizy MES, której celem jest określenie wartości granicznej siły powodującej utratę stateczności analizowanego amortyzatora samochodowego pracującego w warunkach ekstremalnych sił ściskających.
3. Zaproponowanie metod modyfikacji kształtu, które pozwoliły uzyskać optymalny układ.
4. Opracowanie autorskiego hybrydowego algorytmu optymalizacji, który łączy działanie algorytmów genetycznych i strategii ewolucyjnej.
5. Zaproponowanie metody optymalizacji parametrów algorytmu hybrydowego z wykorzystaniem metamodelowania, w tym metodę powierzchni odpowiedzi, sztuczne sieci neuronowe oraz Krigingi.
6. Opracowanie obu modeli w języku programowania Python.

Przedstawione osiągnięcia wskazują na istotny wkład naukowy niniejszej rozprawy doktorskiej, jej innowacyjność oraz zasadność podjętego tematu.

Pomimo ogólnie bardzo pozytywnej recenzji pracy doktorskiej mgr inż. Przemysława Sebastjana, co napisano w charakterystyce pracy i najważniejszych osiągnięciach doktoranta, kilka wątpliwości zamieściłam w uwagach szczegółowych i pytaniach dotyczących pracy oraz uwagach redakcyjnych. Zdecydowana większość tych uwag nie wpływa na jakość merytoryczną pracy.

## **2. Uwagi szczegółowe i pytania dotyczące pracy**

1. W podrozdziale 5.1 opisano proces poszukiwania najbardziej wydajnego modelu, który reprezentuje symulację opartą na metodzie MES wykorzystywaną w procesie optymalizacji. Plany zostały skonstruowane w taki sposób, że stosunek danych treningowych do danych walidacyjnych w każdym planie próbkowania wynosi 4:1. Jakże przyjęto tu kryterium doboru danych?
2. Brakuje mi opisu materiałów z jakich wykonany jest amortyzator, skład chemiczny czy właściwości mechaniczne.

3. Jak kształtuje się niepewność uzyskanych wyników, czy była podjęta próba szacowania rozrzutów.
4. W pracy przedstawiono optymalizację kształtu wspornika amortyzatora poprzez odejmowanie materiału w mniej wyťažonych obszarach. Czy brał Pan pod uwagę możliwość zastosowania do wytworzenia tego wspornika technologii przyrostowych (druk 3D) pozwalających na znacznie bardziej skomplikowane kształty (np. struktury komórkowe - lattice structures).
5. W trakcie pracy omówiono możliwość wdrożenia uzyskanych rezultatów w sektorze przemysłowym. Czy na bazie zastosowanych przez Pana algorytmów powstał rzeczywisty element, i jeśli tak, to jaka jest jego efektywność i wyniki praktyczne?

### **3. Uwagi redakcyjne dotyczące pracy**

Praca napisana jest starannie i trudno w niej doszukać się większych błędów natury edycyjnej. Podstawowe nieliczne uwagi redakcyjne to:

- przed podaniem wzoru, wyrażenia nie można kończyć kropką. Wzór jest integralną częścią zdania. Błąd ten pojawia się w kilku miejscach pracy. Pierwszy raz przed wzorem (2.16);
- str. 27 – rys. 2.11 – brak jednostek;
- str. 43<sup>17</sup> – pomyłono numerację wzoru;
- nie ma potrzeby używanie wielkiej litery dla słowa Figure – dot. całej pracy;
- brak tytułu pracy w streszczeniu na końcu rozprawy doktorskiej (szczególnie w wersji polskiej);
- spis literatury, uporządkowany alfabetycznie według nazwisk autorów, jest istotnym elementem pracy naukowej. W recenzowanej rozprawie bibliografia jest nieczytelna (zaczyna się od pierwszej litery imienia) co utrudnia czytelnikowi znalezienie konkretnego autorstwa. Właściwe alfabetyczne sortowanie nazwisk gwarantuje czytelność i efektywne korzystanie z zaprezentowanej literatury, co jest kluczowe w kontekście pracy naukowej.
- str. 92 – niewłaściwa numeracja punktu (powinno być 6.1.4);
- w pracy zaleca się stosowanie podrozdziałów z angielskiego subchapter, zamiast chapter 3.2

#### 4. Uwagi i wnioski ogólne

Z przedstawionej charakterystyki pracy oraz nielicznych uwag dotyczących rozprawy, zarówno tych merytorycznych, jak i redakcyjnych wynika, że rozprawa wskazuje na duże rozeznanie problemu postawionego w pracy w zakresie optymalizacji masy komponentów amortyzatorów samochodowych z uwzględnieniem stateczności układu zawieszenia. Dotyczy to wykonania obliczeń i analiz w tym zakresie zrealizowanych przez mgr inż. Przemysława Sebastjana. Uwagi zawarte w recenzji mogą być przedmiotem analiz w dalszej działalności badawczej i publikacyjnej doktoranta, a także mogą być przydatne w redagowaniu kolejnych prac naukowych. Tu należy zwrócić uwagę, że część uwag ma charakter pytań i sugestii do wykorzystania na przyszłość.

#### 5. Wniosek końcowy

Całość oceny rozprawy doktorskiej umożliwia sformułowanie wniosku o spełnienie w stopniu wystarczającym warunków określonych Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 z późniejszymi zmianami oraz *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 roku z późniejszymi zmianami oraz *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 3 lipca 2018 z późniejszymi zmianami i dopuszczenie rozprawy mgr inż. Przemysława Sebastjana pod tytułem „Optimization of automotive suspension components with consideration of their unstable behavior” do publicznej obrony pracy doktorskiej na Politechnice Śląskiej przed Radą Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

Z poważaniem

*Marta Kuch*