

Dr hab. inż. **Tomasz Domański**, prof. PCz
Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki
Politechnika Częstochowska

Częstochowa, 24.01.2024

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Joachima Jarosza** pt.: „**Optymalizacja kształtu oraz warunków brzegowych podzespołu układu oczyszczania spalin**”

Promotor: dr hab. inż. **Adam Długosz**, prof. PŚ

*Podstawa opracowania: pismo RD/Ime.512.29.2023 z dnia 27.09.2023 r. Rady Dyscypliny
Naukowej Inżynieria Mechaniczna, Prof. dr hab. inż. Ewy Majrzechak*

1. Zakres i ogólna charakterystyka pracy

Podstawowym osiągnięciem naukowym jest przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska, która obejmuje 155 stron i napisana jest w języku polskim. Praca składa się z 6 rozdziałów w tym: 2 strony spisu treści, 4 strony wprowadzenia, 8 stron bibliografii, 1 strona streszczenia w języku polskim i 1 strona streszczenia w języku angielskim.

Rozdział 1 – stanowi wprowadzenie do problematyki i uzasadnienie podjęcia tematyki rozprawy. Autor jasno i wyczerpująco uzasadnił wybór tematyki pracy oraz obszernie opisał szerokie spektrum konieczności zastosowania optymalizacji w projektowaniu części inżynierii mechanicznej. Ponadto, nakreślił rozważane problemy, przedstawił przegląd zawartości rozprawy, określił cel i jasno sformułował tezę pracy, potwierdzając, że tematyka pracy doskonale wpisuje się w aktualne trendy naukowe.

Rozdział 2 – w rozdziale tym omówiono podstawowe zagadnienia teoretyczne związane z procesem spalania paliw, emisją zanieczyszczeń i ich wpływem na środowisko, a także metodami ich redukcji. Autor szczegółowo opisał budowę i działanie układu oczyszczania spalin, składającego się z filtra cząstek stałych (DPF), katalizatora selektywnej redukcji (SCR) i katalizatora utleniającego (DOC). Autor wyjaśnił rolę i funkcję każdego z tych podzespołów, a także przedstawił ich zalety i wady. Przedstawiono również charakterystykę osłon termicznych stosowanych w układach wydechowych. Opisano różne typy osłon z uwzględnieniem ich zalet i wad oraz ich przeznaczenie. Rozdział ten zawiera również opis wymagań jakie są stawiane współcześnie stosowanym osłonom termicznym.

Rozdział 3 - w tym rozdziale przedstawiono zagadnienia dotyczące zastosowanych metod i algorytmów optymalnego doboru wybranych cech konstrukcyjnych osłon, opisano podstawy teoretyczne rozwiązywanego zagadnienia termosprężystego oraz zagadnienia własnego zarówno w kontekście teoretycznym, jak i w ujęciu metody elementów skończonych (MES). Ponadto przedstawiono teoretyczne podstawy zagadnienia związanego ze sztucznymi sieciami neuronowymi, które zostały wykorzystane w pracy do utworzenia metamodelu osłony termicznej. Opisano algorytmy wykorzystane w optymalizacji jedno i wielokryterialnej. Sformułowano i zawarto również kryteria oraz ograniczenia niezbędne do zdefiniowania zadań optymalizacji. Przedstawiono schemat połączenia wszystkich etapów całego procesu optymalizacji wraz z narzędziami wykorzystywanymi na danym etapie. Pokazano połączenie komercyjnego oprogramowania MES z algorytmami optymalizacji w połączeniu ze skryptami sterującymi procesem.

Rozdział 4 - w tym rozdziale opisano model geometryczny i numeryczny osłony. Model geometryczny został przedstawiony jako model w pełni sparametryzowany stanowiący integralną część proponowanej metody optymalizacji kształtu oraz warunków brzegowych wraz z utworzonymi procedurami, które nią sterują. Opisane zostały wszystkie parametry modelu jako dane do algorytmów optymalizacyjnych. Zostały omówione również zagadnienia wpływu jakości siatki elementów skończonych na dokładność wyznaczenia wybranych cech zastosowanego modelu. Ponadto przedstawiono również uproszczony model numeryczny, wykorzystany w zadaniach optymalizacji, nie uwzględniający kontaktu pomiędzy otworami montażowymi i miejscem zamocowania, wraz z porównaniem dokładności rozwiązania dla takiego modelu. Rozdział zamyka przedstawienie koncepcji wykorzystania sztucznych sieci neuronowych do utworzenia metamodelu.

Rozdział 5 - w tym rozdziale pracy autor przedstawił rezultaty przeprowadzonych analiz osłony termicznej dla optymalizacji jedno- i wielokryterialnej. Ponadto opisano w nim wyniki optymalizacji jednokryterialnej z wykorzystaniem metamodelu. Przedstawione zostały przykłady zadań optymalizacyjnych osłon termicznych dla różnych kryteriów optymalizacyjnych.

Rozdział 6 - zawiera podsumowanie całej rozprawy oraz wnioski z przeprowadzonych analiz. Przedstawiono także kierunki przyszłych badań, rozbudowy opracowanego sposobu optymalizacji kształtu osłon.

Podsumowując całość badań i uzyskanych wyników stwierdzam, że zostały one wykonane i opracowane z dużą starannością i na wysokim poziomie. Istotną wartością tej rozprawy jest sformułowanie i opracowanie kilku wariantów praktycznych zadań optymalizacji zarówno jedno, jak i wielokryterialnej. Na podkreślenie zasługuje sformułowanie kryteriów jakości oraz ograniczeń w postaci funkcji celu zależnych od wielkości uzyskanych z symulacji numerycznej MES dla zagadnień termosprężystych oraz analizy modalnej. W mojej ocenie Pan mgr inż. Joachim Jarosz potwierdził, że jest bardzo dobrze przygotowany do prowadzenia prac badawczych.

2. Ocena tematu, celu i zakresu pracy

Głównym celem pracy jest opracowanie i opis metody optymalizacji i warunków brzegowych osłon termicznych stosowanych w układach wydechowych przy wykorzystaniu metody elementów skończonych, różnych metod optymalizacji w oparciu o sztuczne sieci neuronowe. W pracy przedstawiono optymalizację jedno i wielokryterialną. Sformułowana została teza, że zaproponowana metoda optymalizacji wybranych cech konstrukcyjnych osłon termicznych wkładów wydechowych przy wykorzystaniu MES z użyciem sztucznych sieci neuronowych jest skutecznym narzędziem wspomagającym i poprawiającym tradycyjne metody projektowania.

3. Ocena rozprawy

Rozważane w opiniowanej dysertacji zagadnienie naukowe to szeroko rozumiana optymalizacja elementu konstrukcyjnego z wykorzystaniem metody elementów skończonych w oparciu o sztuczne sieci neuronowe. Wybór tematyki uważam za w pełni uzasadniony, a rozpatrywaną problematykę za aktualną zwłaszcza w kontekście zastosowania metod sztucznych sieci neuronowych w mechanice.

Przedstawiona przez doktoranta praca jest interesującym i istotnym dla rozwoju dyscypliny Inżynieria Mechaniczna wkładem w postaci wartościowego procesu badawczego wraz z przedstawionym podejściem analitycznym oraz weryfikacją uzyskanych wyników. W przygotowanej pracy zawarte są więc wszystkie elementy procesu badawczego charakteryzującego podejście do samodzielnej pracy badawczej. Jest w niej proces przygotowawczy w postaci sformułowania problemu, przygotowanie i wykonanie symulacji obliczeniowych, jak również proces analizy uzyskanych wyników na podstawie porównania różnych metod optymalizacji.

Przedstawiona praca w mojej ocenie spełnia wymagania związane z wniesieniem oryginalnego wkładu w obszar nauki. Ponadto ma charakter użyteczny i wynikające z niej wnioski mogą zostać wykorzystane do dalszego rozwoju technik obliczeniowych w zakresie optymalizacji konstrukcji.

Do podstawowych zalet rozprawy pod względem opisu przedstawionego problemu, wyboru metod i zakresu badań oraz sposobu jego rozwiązania zaliczam:

- a) Opracowanie koncepcji i implementację numeryczną metody pozwalającej zastosować zarówno zewnętrzne algorytmy optymalizacji, jak i zewnętrzne procedury umożliwiające tworzenie modeli zastępczych MES.
- b) Przeprowadzenie szeregu analiz numerycznych i analiz porównawczych określających znaczenie użytego w modelu rodzaju elementu skończonego, wielkości siatki MES czy uwzględnienia kontaktu i wpływu ich na dokładność wyznaczania przemieszczeń, naprężeń czy częstości drgań własnych.
- c) Opracowanie metamodelu charakteryzującego się bardzo dobrą jakością.
- d) Szeroki zakres przedstawionych symulacji, pozwalający na uzyskanie znaczącej bazy wyników.
- e) Logiczny podział pracy, dobre opracowanie edycyjne i czytelne zaprezentowanie wyników w postaci rysunków.
- f) Dobrze przeprowadzone rozpoznanie literaturowe w zakresie poruszanej problematyki badawczej.

Analizując pracę autora nasuwają się pewne spostrzeżenia i pytania:

1. Jak bardzo uniwersalny jest opracowany metamodel?
2. Czy właściwym jest nieuwzględnienie w procesie projektowania analizy zmęczeniowej osłony termicznej?

3. Z czego wynikają „piki” w kolejnych iteracjach optymalizacji? Czy nie powinno być tak, że z każdą iteracją wynik powinien być lepszy?
4. W przypadku optymalizacji wielokryterialnej dla zastosowanych poszczególnych algorytmów autor nie prezentuje wyników dla 4 wariantu, czyli minimalizacji funkcjonatów 3.110 i 3.111 i maksymalizacji funkcjonatu 3.112 – dlaczego?
5. Czy wynik przeszło 30-krotnego skrócenia czasu optymalizacji osłony termicznej przy zastosowaniu metamodelowania można założyć, że będzie podobny przy optymalizowaniu innych części dla podobnych kryteriów optymalizacji?

Pod względem edytorskim praca opracowana jest bardzo starannie. Autor jednak nie ustrzegł się kilku drobnych błędów edytorskich lub stylistycznych np.:

1. Na stronie 4 *„Zadania te z reguły są bardzo kosztowne obliczeniowo, co kontekście zadań optymalizacji, których często należy wykonać tysiąca pojedynczych symulacji staje się problematyczne.”* – zdanie trudne do zrozumienia.
2. Na stronie 4 *„Prawidłowo zaprojektowana i wytrenowana SSN umożliwia na skrócenie czasu rozwiązywania zadań optymalizacji nawet o kilka rzędów wielkości.”*
3. Na stronie 6 *„Pokazano połączenie komercyjnego oprogramowania MES z algorytmami optymalizacji w połączeniu ze skryptami stresującym procesem”*
4. Na stronie 16 *„Tak wysokie temperatury wymuszają stosowanie osłon termicznych podzespołów układów oczyszczania spalin i generują dodatkowe wymagania dla układu wydechowego.”* Powinno chyba być *„Tak wysoka temperatura wymusza stosowanie osłon termicznych podzespołów układów oczyszczania spalin i generuje dodatkowe wymagania dla układu wydechowego.”*
5. Na stronie 114 *Natomiast z grupy algorytmów zewnętrznych*

4. Wniosek końcowy

Praca doktorska przedstawiona przez mgr inż. Joachima Jarosza, jej zawartość i forma wskazuje na jego wiedzę w zakresie projektowania części maszyn i urządzeń z wykorzystaniem narzędzi optymalizacyjnych. Sposób realizacji pracy wskazuje na dużą wiedzę ogólną i umiejętności praktyczne w dyscyplinie naukowej „Inżynieria mechaniczna”, w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą. Autor rozprawy doktorskiej podjął się trudnego i ambitnego zadania, które dostarcza ważnych i przydatnych wniosków w zakresie wykorzystywania różnych modeli...

optymalizacyjnych. Należy podkreślić, że z tak trudnego zadania Doktorant wywiązał się w sposób bardzo dobry. Wykazał się umiejętnością prowadzenia trudnych obliczeń, adekwatnym formułowaniem problemów naukowych oraz właściwą analizą otrzymywanych wyników. Metodologię realizacji obliczeń i symulacji oraz uzyskane wyniki uważam za właściwe i ciekawe. Wnioski wynikające z realizacji przyjętego zakresu badań mają dużą wartość poznawczą i użyteczną. Z przekonaniem stwierdzam, że zasadnicze cele pracy zostały osiągnięte. Podsumowując wyrażam opinię, że:

1. Rozprawa doktorska inż. Joachima Jarosza pt. *„Optymalizacja kształtu oraz warunków brzegowych poszerepku układu oczyszczania spalin”* spełnia wymagania art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, stan prawny na dzień 30 września 2011 r.) i w związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej ochrony.
2. Zakres rozwiązań rozprawy kwalifikuje ją do dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna według nowej klasyfikacji dziedzin i dyscyplin określonej w rozporządzeniu z dnia 20 września 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

Prof. Tomasz Domański

/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)