



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki

**Katedra Technologii Informatycznych
w Inżynierii (L-10)**
Wydział Inżynierii Lądowej



dr hab. inż. Marek Słoński, prof. PK
Katedra Technologii Informatycznych w Inżynierii
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Krakowska
ul. Warszawska 24
31-155 Kraków

Kraków, 05.12.2023

Recenzja
pracy doktorskiej mgr. inż. Joachima Jarosza
pt. "Optymalizacja kształtu oraz warunków brzegowych podzespołu układu
oczyszczania spalin"

Podstawa: Pismo prof. dr. hab. inż. Ewy Majchrzak, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej z dnia 27. września 2023 roku, informujące o powołaniu mnie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej na recenzenta pracy doktorskiej mgr. inż. Joachima Jarosza. Podstawę merytoryczną stanowi przesłana praca doktorska.

Przedłożona do recenzji praca doktorska mgr. inż. Joachima Jarosza pt. "Optymalizacja kształtu oraz warunków brzegowych podzespołu układu oczyszczania spalin" została przygotowana pod kierunkiem promotora rozprawy dr. hab. inż. Adama Długosza, prof. PŚ na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Przewód doktorski był realizowany w trybie "nowej" ustawy, na podstawie przepisów Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 20.07.2018 r.

W opiniowanej pracy mgr inż. Joachim Jarosz zajmuje się aktualnym i praktycznym problemem optymalizacji kształtu elementu konstrukcyjnego. W pracy skupiono się głównie na zagadnieniu optymalizacji wybranych cech konstrukcyjnych osłon termicznych. Jako kryterium optymalizacji rozpatrywano głównie minimalizację przemieszczenia. Autor podjął trudny temat, który wymaga szerokiej wiedzy i umiejętności z dziedziny metod obliczeniowych mechaniki oraz metod optymalizacji. Ważność tematu, którym zajął się Autor wynika z możliwości zastosowań otrzymanych uzyskanej wiedzy i wyników badań w dalszych pracach badawczych oraz praktyce projektowania i optymalizacji elementów konstrukcyjnych. Stąd wybór tematu jak i zakres opiniowanej rozprawy należy uznać za uzasadniony.

1. Ogólna charakterystyka pracy

Praca doktorska obejmuje 155 stron maszynopisu podzielonego na sześć rozdziałów oraz bibliografię i streszczenia w języku polskim i angielskim.

W rozdziale pierwszym Doktorant przedstawił krótkie wprowadzenie do tematyki pracy oraz sformułował cel i tezę rozprawy. Głównym celem pracy było: *„opracowanie i opis metody optymalizacji kształtu i warunków brzegowych osłon termicznych stosowanych w układach wydechowych przy wykorzystaniu metody elementów skończonych, różnych metod optymalizacji oraz metamodelowania w oparciu o sztuczne sieci neuronowe”*.

Sformułowano następnie następującą tezę rozprawy: *„Zaproponowana metoda optymalizacji wybranych cech konstrukcyjnych osłon termicznych układów wydechowych przy wykorzystaniu metody elementów skończonych, różnych algorytmów optymalizacji oraz metamodelowania z użyciem sztucznych sieci neuronowych jest skutecznym narzędziem wspomagającym i poprawiającym tradycyjne metody projektowania”*.

Rozdział drugi zawiera wyczerpujący opis układów wydechowych oraz osłon termicznych stosowanych najczęściej w układach wydechowych, ich rozwoju i wprowadzanych ulepszeń na przestrzeni lat z uwagi na rosnące wymagania kolejnych norm unijnych. Przedstawiono również aktualne wymagania stawiane osłonom układów wydechowych.

W rozdziale trzecim wyczerpująco przedstawiono zastosowane w rozprawie metody i algorytmy optymalizacji. Omówiono również metodę elementów skończonych do rozwiązywania zagadnienia termosprężystości i problemu własnego. Przedstawiono również zagadnienia związane z tworzeniem modeli zastępczych (metamodeli) opartych na sztucznych sieciach neuronowych w celu skrócenia czasu obliczeń przez zastąpienie dokładnego modelu MES. W rozdziale tym zawarto również kryteria i ograniczenia w optymalizacji oraz pokazano schemat rozwiązywania postawionego zadania optymalnego projektowania osłon z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania MES wyposażonego w moduł optymalizacyjny.

W rozdziale czwartym opisano parametryczny model geometryczny osłony układu wydechowego a także model obliczeniowy otrzymany z zastosowaniem metody elementów skończonych. Omówiono również wariant podstawowy (referencyjny) i uproszczony model numeryczny osłony oraz dyskretyzację i dobór siatki MES. Rozdział ten zamyka opis tworzenia dwóch modeli zastępczych. Pierwszy model opracowano na potrzeby optymalizacji jednokryterialnej a drugi model na potrzeby optymalizacji wielokryterialnej (3 kryteria optymalizacji). Modele opracowano na podstawie zbioru 1000 dokładnych wyników analiz otrzymanych z modelu MES.

Rozdział piąty zawiera wyczerpującą prezentację wyników (za pomocą wykresów) oraz omówienie wyników przeprowadzonych obliczeń MES i analiz optymalizacyjnych rozpatrywanych osłon termicznych dla szeregu rozpatrywanych zadań optymalizacji (jednokryterialnych i wielokryterialnych) a także z zastosowaniem opracowanego modelu zastępczego (metamodelu) w zadaniu optymalizacji jednokryterialnej.

W rozdziale szóstym przedstawiono podsumowanie rozprawy oraz wnioski z przeprowadzonych analiz a także sformułowano kierunki dalszych badań dla opracowanego sposobu optymalizacji kształtu osłon. Praca doktorska zawiera również obszerną bibliografię (170 pozycji) oraz krótkie streszczenia w języku polskim i angielskim.

2. Ocena pracy

Przedstawiony w rozprawie problem naukowy mieści się w nurcie aktualnej tematyki badawczej dyscypliny inżynieria mechaniczna a zakres tematyczny pracy doktorskiej mieści się w obszarze zagadnień związanych z problemami projektowania inżynierskiego, w szczególności optymalnego kształtowania elementów konstrukcyjnych z wykorzystaniem gradientowych i bezgradientowych metod optymalizacji. Dodatkowo, praca obejmuje również zastosowanie modeli zastępczych (metamodeli) opartych na jednokierunkowych sztucznych sieciach neuronowych typu wielowarstwowy perceptron w procesie optymalizacji.

Autor rozpoznał aktualny stan wiedzy w tematyce objętej rozprawą a opiniowana praca doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta. Autor pracy sformułował i rozwiązał problem badawczy oraz wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, w szczególności w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych. Rozpatrywane zagadnienia, materiały, elementy konstrukcyjne oraz metody analizy i optymalizacji znajdują zastosowanie w przemyśle samochodowym.

Ogólnie wysoko oceniam zawartość merytoryczną rozprawy. Praca doktorska zawiera ponadto istotne elementy oryginalne w postaci modeli geometrycznych i obliczeniowych MES osłony termicznej układu wydechowego przygotowane w programach ANSYS i SpaceClaim z pomocą procedur napisanych w językach C++ i Python. Na uwagę zasługuje również wyczerpujące porównanie różnych metod i algorytmów optymalizacji w rozpatrywanych zadaniach.

Przy pozytywnej ocenie ogólnej, recenzowana rozprawa ma pewne niedoskonałości, stąd nasuwają się następujące uwagi do dyskusji:

- 1) Pewne wątpliwości budzi sformułowany w rozdziale pierwszym cel pracy. Co Autor miał na myśli pisząc o *"opracowaniu elastycznej metody nowoczesnego projektowania"* oraz *"elastycznego definiowania i uwzględniania innych kryteriów jakości i ograniczeń"*.
- 2) W rozdziale końcowym brakuje odniesienia się Doktoranta do sformułowanej tezy pracy. W tym kontekście pojawia się pytanie co stanowi *"zaproponowaną metodę optymalizacji"*, o której jest mowa w tezie pracy.
- 3) Autor rozprawy poświęcił wiele miejsca na przegląd literatury dotyczący metod optymalizacji i ich zastosowań. Natomiast nie zamieścił żadnego przeglądu literatury dotyczącej budowy modeli zastępczych (metamodelowania), w tym za pomocą jednokierunkowych sztucznych sieci neuronowych. W tym miejscu warto wywołać podstawowy podręcznik autorów Forrester, A., A. Sobester i A. Keane, pt. *"Engineering design via surrogate modelling: a practical guide"* wydanej w 2008 roku.
- 4) Dlaczego w tworzeniu modeli zastępczych Autor rozprawy nie wykorzystał tysięcy rozwiązań numerycznych otrzymywanych w trakcie rozwiązywania zadań optymalizacji za pomocą symulacji MES?
- 5) Jaką rolę w budowie metamodeli pełnił zbiór testujący?
- 6) Dlaczego w rozwiązywaniu zadań optymalizacji wielokryterialnej nie wykorzystano opracowanego metamodelu?
- 7) Czy Autor rozprawy rozważał wykorzystanie zbudowanych metamodeli do wizualizacji zależności między wybranymi zmiennymi projektowymi i kryteriami optymalizacji (wartościami funkcji celu) w postaci wykresów 2D/3D?

Przedstawione uwagi krytyczne są mało znaczące i nie wpływają istotnie na całościową ocenę pracy doktorskiej.

3. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opisane powyżej osiągnięcia Doktoranta oraz ich oryginalny charakter, stwierdzam, że mgr inż. Joachim Jarosz jest autorem rozprawy doktorskiej, w której przedstawił oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego z dyscypliny inżynieria mechaniczna, wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w tej dyscyplinie oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Ponieważ recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Joachima Jarosza spełnia wymagania ustawowe stawiane rozprawom doktorskim (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Tekst jednolity: Dz.U. z 2023 r. poz. 742), wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Prof. Marek Stoński

/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)