

dr hab. inż. Mariusz Giergiel, prof. AGH  
Akademia Górniczo - Hutnicza  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Katedra Robotyki i Mechatroniki  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, 10.12.2021.

## Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Rafała Napierały

pt. „Opracowanie metodyki optymalizacji konstrukcji w oparciu o analizy wytrzymałościowe pojazdów użytkowych, w szczególności nacze”

dyscyplina naukowa: inżynieria mechaniczna

### 1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania recenzji była uchwała 75/2021 Rady Dyscypliny Inżyniera Mechaniczna Politechniki Śląskiej z dnia 20.10.2021 r. Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżyniera Mechaniczna Politechniki Śląskiej pani prof. dr. hab. inż. Ewy Majchrzak. Do pisma dołączono wydrukowany egzemplarz rozprawy mgr inż. Rafała Napierały pt. „Opracowanie metodyki optymalizacji konstrukcji w oparciu o analizy wytrzymałościowe pojazdów użytkowych, w szczególności nacze”. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Damian Gąsiołek prof. PŚ, a promotorem pomocniczym: dr inż. Mariusz Pawlak.

### 2. Wybór tematu, cel i zakres pracy

Transport drogowy w Europie jest najbardziej rozpowszechnioną formą przewozu towarów, a sam sektor transportu odgrywa w gospodarce rolę kluczową. Sprawny przewóz towarów zapewnia prawidłowe funkcjonowanie gospodarki. Duże zapotrzebowanie rynku na pojazdy wykorzystywane w transporcie jest poważnym wyzwaniem dla producentów. Istotne staje się nie tylko oferowanie pojazdów trwałych i niezawodnych, ale coraz większą rolę odgrywa

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 10.12.2021  
nr 40/RD/112/ zat. 006/2021/22

także czas wdrażania nowych produktów na rynek. Stąd szybkie wprowadzanie nowych pojazdów spełniających aktualne wymagania i oczekiwania odbiorców staje się priorytetem w strategii rozwoju dla ich producentów. Znaczny udział we flocie pojazdów wykorzystywanych w transporcie mają naczepy, a szczególnie naczepy kurtynowe. W eksploatowanych naczepach kurtynowych najczęściej występują usterki dotyczące ich nadwozia, a szczególnie dachu, plandeki, drzwi i ściany przedniej i te właśnie elementy są najbardziej narażone na uszkodzenia. Przyczyn awarii jest wiele, ale niewątpliwie kluczowe znaczenie dla ich występowania związane jest z relatywnie niską sztywnością całego zespołu nadwozia. Pojazdy transportowe są złożonymi obiektami technicznymi w związku z czym optymalizacja ich konstrukcji jest trudna ale konieczna, co jest wymuszone zarówno poprzez zmieniające się uwarunkowania związane z wciąż zaostarzającymi się wymaganiami związanymi z poziomem bezpieczeństwa czy normami emisji spalin jak i wymogami użytkowników chcących zachować przewagę konkurencyjną na trudnym rynku usług transportowych. Dlatego uważam, że podjęty problem jest istotny i wysoce aktualny, a podjęcie tej tematyki przez doktoranta jest uzasadnione i na czasie.

Jako cel pracy postawiono opracowanie metodyki doboru postaci konstrukcyjnej naczepy w oparciu o analizy wytrzymałościowe pojazdów użytkowych, tezy pracy nie sformułowano.

Recenzowana praca doktorska jest dość obszerna i liczy 176 stron. Składa się z piętnastu ponumerowanych rozdziałów, spisu literatury oraz załącznika.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym zaprezentowano zasadnicze zagadnienia stanowiące tło dla późniejszych rozważań. W rozdziale drugim przedstawiono uzasadnienie celowości podjętego w rozprawie problemu badawczego oraz sformułowano cel pracy. Rozdział trzeci zawiera omówienie konstrukcji pojazdów transportowych w zakresie przeczep i naczep z uwzględnieniem ich zasadniczych podzespołów, to jest ram nośnych, zawiesznień i sprzęgów oraz stosowanych w procesach produkcyjnych materiałów i technologii łączenia. W rozdziale czwartym przedstawiono charakterystyki wybranych typów naczep z podziałem na: naczepy kurtynowe, chłodnie i furgony, naczepy samowyładowcze i naczepy podkontenerowe. Rozdział piąty określa wymagania projektowe dla zespołów ciągnik

siodłowy z naczepą ze szczególnym uwzględnieniem aspektów dotyczących naczep. W rozdziale szóstym zaprezentowano analizy stereomechaniczne dla przypadku naczepy kurtynowej, które obejmują: model numeryczny, warunki obciążenia w trakcie załadunku i warunki obciążenia w czasie jazdy. Rozdział siódmy prezentuje możliwości prowadzenia badań doświadczalnych naczep odnośnie badań funkcjonalnych i wytrzymałościowych oraz badań z wykorzystaniem symulatorów warunków drogowych. W rozdziale ósmym omówiono możliwości optymalizacji geometrii w środowisku Ansys, a w dziewiątym wybrane metody zarządzania jakością. Rozdział dziesiąty zawiera prezentację i omówienie autorskiego algorytmu badań, który wykorzystywany jest w dalszej części pracy. W rozdziałach jedenastym i dwunastym omówiono obiekt badań w postaci naczepy NS3K serii M4 oraz określono problematykę badań. Rozdział trzynasty prezentuje opracowaną autorską metodę doboru postaci konstrukcyjnych naczepy w oparciu o analizy wytrzymałościowe. Omówiono model numeryczny oraz zasady jego kalibracji, przedstawiono analizę stanu obciążenia narożnika przedniego naczepy NS3K w czasie hamowania awaryjnego, doświadczalne wyznaczenie przemieszczenia słupka bocznego naczepy w czasie jazdy, porównanie uszkodzeń z badań doświadczalnych z symulacjami dla dwóch prototypów naczep, serii M4plus i M5. W rozdziale czternastym zaprezentowano wyniki optymalizacji przeprowadzonej dla elementu narożnika naczepy M4plus i przedstawiono analizę wrażliwości oraz model parametryczny. Rozdział piętnasty zawiera podsumowanie i wnioski.

Spis literatury liczy 129 pozycji i warto zaznaczyć, że obejmuje on głównie pozycje nowe, opublikowane w ostatnich latach. Na liczbę tę składa się 105 wydawnictw klasycznych oraz 23 odwołania do stron internetowych.

Dodatek zawiera informację Dyrektora Działu Konstrukcyjno-Technologicznego i Rozwoju firmy WIELTON S.A. o wdrożeniu metodyki badawczej w projektowaniu naczep w firmie Wielton.

Szkoda jedynie, że Autor nie zamieścił na początku pracy spisu ważniejszych oznaczeń. Taki spis, aczkolwiek nie jest konieczny, to jednak niewątpliwie ułatwiłby studiowanie rozprawy.

Praca napisana jest kompetentnie i rzeczowo, problem jest najpierw sformułowany, następnie poddany dyskusji i wreszcie podsumowany wraz z prezentacją jasno podanych wniosków tam gdzie to niezbędne. Nie budzi przy tym wątpliwości kolejność prezentacji

poszczególnych zagadnień, zarówno tytuł jak i podział na rozdziały dobrany został właściwie. Tekst jest poprawny pod względem językowym, materiał ilustracyjny został właściwie dobrany, stosowana w pracy terminologia jest prawidłowa. Warto zaznaczyć wysoki potencjał aplikacyjny wynikający z uzyskanych efektów rozprawy.

**Nowatorstwa i oryginalności** pracy można upatrywać w:

- Opracowaniu metodyki doboru elementów konstrukcji ramy naczepy pod kątem redukcji naprężeń z wykorzystaniem analizy wytrzymałościowej,
- Opracowaniu autorskiej metody symulacji numerycznej wytrzymałości naczepy dla przypadku hamowania oraz dla przypadku jazdy, szczególnie odnośnie narożnika przedniego,
- Określeniu stanu obciążenia narożnika naczepy kurtynowej,
- Wykazaniu potrzeby prowadzenia analizy dwóch przypadków obciążenia w procesie weryfikacji wytrzymałości ramy naczepy kurtynowej na etapie prototypowania wirtualnego, przed budową jej prototypu fizycznego.

### **3. Poprawność metodyki badań i analiza wyników**

W pracy przedstawiono wyniki zarówno badań analitycznych, symulacyjnych jak i eksperymentalnych. Udowodniono słuszność zaproponowanego podejścia oraz co ważne jego praktyczną użyteczność. Zastosowana metodyka badań jest prawidłowa, analiza wyników badań przeprowadzona została w sposób właściwy co świadczy o wysokim zasobie wiedzy, inwencji, pracowitości i rzetelności naukowej autora.

Należy szczególnie podkreślić widoczny duży nakład pracy autora przy wykonywaniu rozprawy i dobre ujęcie problematyki zawierającej badania teoretyczne, symulacyjne oraz badania doświadczalne. Takie kompleksowe rozwiązanie jest niewątpliwie dużym osiągnięciem i zasługuje na uznanie.

#### 4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Uwagi jakie nasuwają się po lekturze pracy są dwojakiego rodzaju. Po pierwsze są to **uwagi ogólne i redakcyjne:**

- Pomimo, że rozprawa jest dość starannie przygotowana to zawiera jednak szereg różnorodnych usterek redakcyjnych i edytorskich, w tym tak zwanych literówek, których wymienienie w tym miejscu nie wydaje się celowe, zwłaszcza że na ogół nie utrudniają one lektury i nie umniejszają merytorycznej wartości pracy.
- Rozdziały od szóstego do dziewiątego nie wnoszą niczego istotnego i mogłyby zostać pominięte bez szkody.

W sensie merytorycznym natomiast pojawiają się raczej **uwagi dyskusyjne** niż krytyczne:

- Dlaczego korzystano z metody zarządzania jakością *Six Sigma*?
- Dlaczego jako element podlegający optymalizacji wybrano właśnie narożnik przedni naczepy?
- Jak można uzasadnić wniosek, że opracowana metoda doboru postaci konstrukcyjnej na podstawie analizy wytrzymałościowej ma charakter uniwersalny?
- Dlaczego wszystkie trzy analizowane ramy naczep wykazują mniejszą wytrzymałość w przypadku przechylenia ściany do tyłu niż do przodu?
- Czy istnieje pewność, że zastosowany algorytm optymalizacji w istocie prowadzi do rozwiązania optymalnego, a nie zatrzymuje się w którymś z ekstremów lokalnych?

#### 5. Ocena dorobku publikacyjnego

Pan Rafał Napierała brał czynny udział w konferencjach krajowych i międzynarodowych, na których 5 krotnie przedstawiał wyniki swoich badań. Na dorobek publikacyjny składa się 5 publikacji, z czego 3 zostały opublikowane w czasopiśmie „Modelowanie Inżynierskie”. Brakuje nieco publikacji wysokopunktowych mimo, że zabrany materiał badawczy pozwala na takie publikacje. Wynika to z ograniczeń jakie stosuje partner przemysłowy doktoratu i obawa przed wykorzystaniem fragmentów badań przez konkurencję. Zaprezentowane

w publikacjach materiały są mocno ograniczone w stosunku do zestawionego w doktoracie materiału badawczego.

Artykuły zostały opublikowane w znanych, branżowych czasopismach, reprezentatywnych dla dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Stwierdzam, że dorobek Doktoranta spełnia wymagania ustawy wymagane przy składaniu rozprawy doktorskiej.

**6. Do której z następujących kategorii recenzent zalicza rozprawę:**

- a) nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy,
- b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- c) spełniająca wymagania,
- d) spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem,
- e) wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

**7. Podsumowanie**

Omawiana rozprawa zawiera wartościowe wyniki badań i świadczy ona o tym, że Autor potrafi postawić zagadnienie i rozwiązać je na drodze teoretycznej oraz zweryfikować doświadczalnie, a wyniki badań przeanalizować i wyciągnąć poprawne wnioski. Jego wywody są jasne a wyniki rozprawy mogą być użyteczne zarówno z praktycznego, jak i naukowego, technicznego punktu widzenia.

Pan mgr inż. Rafał Napierała zrealizował sformułowany cel rozprawy. Wykazał się wiedzą i umiejętnością samodzielnego rozwiązywania nowych, trudnych problemów technicznych wnosząc tym samym istotny wkład w rozwój nauki i reprezentowanej dyscypliny inżynieria mechaniczna. Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji dysertacja doktorska pt. „Opracowanie metodyki optymalizacji konstrukcji w oparciu o analizy wytrzymałościowe pojazdów użytkowych, w szczególności naczep” spełnia wymagania ustawowe, określone w ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, (Dz. U. 30.08.2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) oraz wnioskuję o jej przyjęcie, a także dopuszczenie do publicznej obrony.

