

dr hab. inż. Krzysztof Jamroziak, prof. uczelni  
Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej  
Politechnika Wroclawska  
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

Wrocław 12.12.2021 r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej

mgr. inż. Rafała Napierały

pod tytułem

**„Opracowanie metodyki optymalizacji konstrukcji w oparciu o analizy wytrzymałościowe pojazdów użytkowych, w szczególności naczep”**

### 1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowi pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna z Politechniki Śląskiej nr RD(IMe)-8/006/2021/2022 z dnia 20.10.2021 r., do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej i formularz dotyczący danych osobowych. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Damian Gąsiorek, prof. PŚ.

### 2. Ocena podjętej tematyki i założonego celu rozprawy

Rozprawa doktorska odnosi się do opracowania metodyki optymalizacji konstrukcji naczep produkowanych przez rodzimy przemysł. Rygorystyczny rynek użytkowy różnej gamy naczep ciągle stawia wyzwania firmom podnoszenie jakości i niezawodności tym produktom. W takim przypadku produkt musi być niezawodny i innowacyjny, gdyż konkurencja w tej branży jest bardzo duża. Stąd też już sam proces projektowo - konstrukcyjny prowadzący do skonstruowania zamierzonego obiektu nie może być przypadkowy, tylko taki, który zapewni wystarczająco wysoką jakość wyrobu. Niezawodność produktu odnosi się do prowadzenia ustawicznych modyfikacji i badań produktu. Na poszczególnych etapach tego przedsięwzięcia powstawania przeprowadza się złożone testy modeli wirtualnych, eliminując wstępnie błędy grube,

a po ich usunięciu prowadzi się testy stanowiskowe prototypów komponentów.

Poprawność metodyczna optymalizacji komponentów i zespołów wiąże się z koniecznością znajomości rzeczywistych obciążeń już na początkowym etapie procesu optymalizacji i wybranie odpowiedniej przyspieszonej metody szacowania trwałości tego komponentu, czy zespołu w celu szybkiej weryfikacji prawidłowości przyjętych założeń. Wskazanie adekwatnej metody skutecznej w szybkim szacowaniu trwałości wymaga przeprowadzenia analizy dotyczącej charakteru obciążeń eksploatacyjnych, jakim poddawany jest komponent oraz rodzaju poszukiwanych danych. Jednym ze sposobów doboru metody jest określenie, czy komponent poddawany jest obciążeniom statycznym, czy dynamicznym. Inne podejście wskazuje na analizę danych w dziedzinie czasu lub częstości. Kolejne zakłada, że obciążenie jest jednoosiowe lub wieloosiowe. Jak można zauważyć w literaturze metody te są szczegółowo opisane, a ich wykorzystanie w praktyce pozwala w sposób względnie szybki oszacować trwałość komponentu, czy zespołu w zakresie ograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej. Jedynym mankamentem są tutaj zbiory danych zawierające setki plików, w których zapisane są dane z kilkudziesięciu, a nawet kilkuset kanałów pomiarowych badanego obiektu. Powoduje to, że taki układ pomiarowy składa się z wielu torów pomiarowych przesyłając dane do analizy. Stąd ze względów praktycznych przydatna jest odpowiednia metoda wstępnego szacowania optymalizacji obiektu technicznego, dająca wynik w postaci liczbowej, łatwej do wykorzystania w celach porównawczych i opisująca wpływ np. użytkownika, czy profilu eksploatacji na trwałość całego obiektu technicznego.

Doktorant słusznie zauważa, że w trakcie realizacji procesu projektowego nowej naczepy stosowanie tych metod umożliwia prowadzenie optymalizacji z pewną dokładnością. Zaznacza także, że poprawność wprowadzonych modyfikacji w kontekście wytrzymałości oraz trwałości wiąże się z uzyskaniem odpowiednich danych, których pozyskanie jest możliwe na odpowiednio przygotowanym i przetestowanym prototypie w zaawansowanych stanowiskach badawczych. Podkreśla on jednak, że metody te są bardzo skuteczne niemniej są procesem czasochłonnym oraz kosztownym. Również argumentuje, że ich przeprowadzenie jest konieczne ze względu na dopuszczenie pojazdu do produkcji i następnie sprzedaży.

W tym zakresie Doktorantowi „przyświeca myśl”, że z punktu widzenia skrócenia czasu wdrożenia nowego produktu testy tego produktu na stanowiskach badawczych powinny być wykonywane jednorazowo w końcowym procesie weryfikacyjnym, pełniąc rolę badań walidacyjnych. Natomiast głównym narzędziem wykorzystywanym do weryfikacji nowej postaci konstrukcyjnej na poszczególnych etapach procesu projektowego powinny być szeroko pojęte analizy numeryczne. Z dotychczasowej praktyki Doktoranta, ponieważ realizuje program doktoratu wdrożeniowego wykrywanie wad na etapie badań doświadczalnych będzie ograniczone do minimum,



gdyż za pomocą analiz numerycznych zostaną one wyeliminowane w kluczowych analizach zasadniczego elementu konstrukcyjnego, jakim jest rama nośna. W konsekwencji takie podejście skróci proces weryfikacji nowych pojazdów do minimum oraz obniży koszty otrzymania gotowego produktu.

Autor swoją ideę optymalizacji konstrukcji naczepy w oparciu o analizy wytrzymałościowe oparł na 5 fazach osiągnięcia celu rozprawy doktorskiej posługując się już znanymi metodami oceny projektowo-konstrukcyjnej zaczerpniętej z metody Six Sigma. Natomiast słuszność swoich założeń potwierdził w badaniach eksperymentalnych na wybranym przykładzie elementu ramy naczepy kurtynowej firmy Wielton. Utylitarnym wnioskiem, wynikającym z dysertacji jest potwierdzona uniwersalność proponowanej metodyki symulacji numerycznych wyselekcjonowanych elementów konstrukcyjnych ramy naczepy, gdyż może ona być zastosowana do całej gamy konstrukcji naczep wytwarzanych w firmie Wielton. Zaprezentowana innowacyjność wpływa pozytywnie na redukcję kosztów i czasu prowadzonych badań do wprowadzenia produktu na rynek.

W tym kontekście dobór tematu pracy uważam za prawidłowy i aktualny, wpisujący się we współczesne trendy związane z badaniami optymalizacji obiektów technicznych, jakimi są naczepy do transportu dużych ładunków w transporcie drogowym. Opiniowana praca doktorska jest opracowaniem naukowym, mieszczącym się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Cel pracy został sformułowany poprawnie i ma charakter twórczy. Dysertacja cechuje się dużymi walorami utylitarno-praktycznymi z ukierunkowaniem na numeryczne metody optymalizacji wyselekcjonowanych ustrojów nośnych, do których zalicza się elementy ram różnej gamy naczep użytkowanych w transporcie drogowym.

### **3. Zakres rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr. inż. Rafała Napierały została zawarta na 171 stronach, wliczając to spis bibliografii, w którym zamieszczono 105 pozycji bez stron internetowych (24 pozycje). Redakcja ta jest w języku polskim i ujęta została w piętnastu rozdziałach. Układ pracy został podzielony na dwie części, a mianowicie część teoretyczną, ujęto w rozdziałach 2 – 9, wyłączając wstęp oraz część eksperymentalną (rozdziały 10 – 14), rozdział piętnasty stanowi podsumowanie i wnioski.

Doktorant klasycznie w części dotyczącej wstępu odnosi się do obiektu badań, z którym przyjdzie mu się zmierzyć w dalszej części rozprawy. Poprzez wprowadzenie w zagadnienia transportu drogowego uwypukla elementy, które zostaną poddane analizie, a mianowicie naczepy do zestawów samochodowych. Już na samym

początku podkreśla, że grupą tą będą naczepy kurtynowe konkretnego producenta – firmy Wielton, gdyż, jako pracownik tej firmy uczestniczy w programie „Doktorat Wdrożeniowy” ogłoszonego przez MNiSW. Podkreśla wagę monitorowania rynku i jego reagowania na innowacje produktowe i niezawodność oraz bezpieczeństwo eksploatowanych wyrobów tej firmy.

Rozdział drugi odnosi się do celu i zakresu pracy, przyjmując, że celem pracy jest opracowanie metodyki doboru postaci konstrukcyjnej naczep w oparciu o analizy wytrzymałościowe pojazdów użytkowych. Doktorant przedstawił „tło” osiągnięcia przyjętego celu. Zwrócił uwagę na takie elementy potencjalnego źródła występowania uszkodzeń, jak wpływ wychylania ściany przedniej do przodu i do tyłu podczas jazdy po drodze i hamowania awaryjnego zestawu na stan obciążenia w obszarze narożnika przedniego ramy naczepy. Wyargumentował zastosowane narzędzia numeryczne do analiz symulacyjnych, przede wszystkim ich kompatybilność, gdyż prace realizowane w firmie przez Doktoranta były z użyciem specjalistycznego środowiska, a w uczelni korzystał z oprogramowania powszechnie przyjętego w środowisku konstruktorów.

W rozdziale trzecim Doktorant przeprowadził obszerną analizę konstrukcji zestawów transportowych przyczep i naczep wykazując ich zalety i wady. Zakres tych analiz ujął na kilku płaszczyznach, a mianowicie odniósł się do konstrukcji ram nośnych ich funkcjonalność w strukturze obiektu technicznego przeznaczonego do transportu drogowego. Dalej zwrócił uwagę na zwieszenie i jego wpływu na obciążenia statyczne i dynamiczne wynikające z eksploatacji i transportu ładunków. Zasadniczym punktem tych analiz były materiały i technologie wykorzystywane do łączenia poszczególnych zespołów, podzespołów i elementów wpływających na trwałość zmęczeniową konstrukcji naczepy. Niemniej ważnym elementem tych analiz był sprzęg układu pojazd – naczepa/przyczepa, gdyż on w dużej mierze zapewnia stabilne funkcjonowanie pojazdu członowego.

W rozdziale czwartym Autor skoncentrował się na charakterystykach funkcjonalnych wybranych typów naczep. Wynikiem tych charakterystyk było przybliżenie budowy oraz typowych warunków obciążenia dla najpopularniejszych modeli naczep, których udział procentowy w rynku transportowym stanowi najwyższy wskaźnik.

Rozdział piąty Autor odniósł do wymagań projektowych stawianych współczesnym zestawom drogowym w ujęciu homologacji tych produktów. Przytoczył podstawowe przepisy i regulacje prawne w zakresie wymiarów, mas i nacisków na osie. W oparciu o odpowiednie normy zwrócił uwagę na kluczowe cechy pojazdu w ujęciu jego bezpieczeństwa podczas eksploatacji w transporcie drogowym. W tych rozważaniach zaakcentował kryteria producenta odnoszone do współczynnika bezpieczeństwa. Współczynniki bezpieczeństwa są dominującymi kryteriami przy



określaniu wytrzymałości zmęczeniowej materiałów konstrukcyjnych. Są pomocne w szacowaniu tzw. pseudo-zużycia, czyli połączenia krzywej Wöhlera, hipotezy kumulacji uszkodzeń Palmgrena - Minera oraz zliczania cykli obciążenia metodą Rainflow.

Rozdział szósty dotyczy analiz stereomechanicznych pojazdów samochodowych na przykładzie naczepy kurtynowej. Doktorant w skondensowany sposób odnosi się do wagi takich analiz i podkreśla ich walory praktyczne.

W rozdziale siódmym Doktorant odnosi się do badań eksperymentalnych. Krótko charakteryzuje techniki prowadzonych badań zaczynając od badań funkcjonalnych, które odnoszą się do weryfikacji nowego pojazdu pod kątem jego użyteczności. Następnie koncentruje się na badaniach wytrzymałościowych i technikach pomiarowych naczepy kurtynowej. Na przykładzie wybranych ustrojów nośnych opisuje jedną z technik, którą stosował w przygotowaniu dysertacji. Podkreśla rolę badań z wykorzystaniem symulatora warunków drogowych, który jest pomocny w odwzorowaniu realnych wymuszeń drogowych, a tym samym ograniczenia do minimum przeprowadzane na zamkniętych torach oraz drogach publicznych.

W rozdziale ósmym Autor prezentuje metody optymalizacji. Przedstawia ich klasyfikację i odnosi je do środowiska numerycznego, gdyż zasadniczym celem optymalizacji jest wykorzystanie numerycznych narzędzi środowiska Ansys Workbench. Na przykładzie tego oprogramowania prezentuje jego możliwości.

W rozdziale dziewiątym zostają zaprezentowane wybrane metody zarządzania jakością. Doktorant akcentuje znaczenie metody Six Sigma i jej uniwersalność stosowania w przedsięwzięciach podnoszenia jakości projektowo-konstrukcyjnych jak i całych procesów wytwarzania. Zwraca też uwagę na metodę Kano, która jest zorientowana na użytkownika i jego oczekiwania.

Rozdział dziesiąty to jeden z ważniejszych rozdziałów pracy doktorskiej, gdyż Doktorant przedstawił ideę optymalizacji konstrukcji w oparciu o analizy wytrzymałościowe wyselekcjonowanych ustrojów nośnych naczepy typu kurtynowego. Zaprezentowana mapa drogowa osiągnięcia celu pracy doktorskiej została przedstawiona w postaci schematu blokowego badań, opartego na pięciu zasadniczych filarach definiowanych po sobie następujących etapach prac konstrukcyjnych.

W jedenastym rozdziale Doktorant prezentuje obiekt badawczy. Uzasadnia, dlaczego taki a nie inny obiekt badań. Podaje charakterystyki geometryczne i opisowe.

W kolejnym dwunastym rozdziale stawia problem badawczy. Problem ten dotyczy występujących uszkodzeń w narożnikach przednich ramy naczepy. Zaprezentowana

analiza powstających uszkodzeń w narożnikach stanowiła wyzwanie dla Doktoranta określenie warunków wpływających na obciążenia narożników ściany przedniej naczepy.

W rozdziale trzynastym Autor koncentruje się na opracowaniu modelu numerycznego przy wykorzystaniu określonych narzędzi numerycznych. Krok po kroku charakteryzuje zakres zrealizowanych czynności po kalibrację modelu aż do zasadniczych badań symulacyjnych kluczowych stanów obciążenia, do których zaliczono przypadek awaryjnego hamowania, wyznaczenie przemieszczenia słupka bocznego w trakcie jazdy.

Czternasty rozdział Doktorant poświęcił optymalizacji narożnika prototypu naczepy na przykładzie modelu z serii M4plus. Rozdział ten jest kluczowym opracowaniem, gdyż stanowi osiągnięcie celu postawionego w dysertacji. Autor zaznacza, że wprowadził ograniczenia. Poprawność uzyskanych wyników sprawdza za pomocą przyjętych odpowiednich analiz wrażliwości dopuszczalnych rozwiązań konstrukcji obszaru narożnika. Wnioski z tych analiz stanowią cenną informację w procesie optymalizacji narożnika naczepy. Kolejną techniką optymalizacji, którą należało wykorzystać to modelowanie parametryczne dające cenne informacje z zakresu określenia istotnych i nieistotnych parametrów wpływających na wytrzymałość zmęczeniową analizowanego narożnika. Finalnym rezultatem, które realizował Doktorant w tym rozdziale była optymalizacja postaci geometrycznej narożnika z wykorzystaniem wirtualnych narzędzi numerycznych i zwalidowanych doświadczalnie.

Rozdział piętnasty stanowi podsumowanie i wnioski, w którym Doktorant w sposób ogólny przedstawił analizowany problem badawczy oraz jego złożoność. W dalszej części podsumowania prezentuje obszernie wnioski końcowe. Autor podkreśla charakter nowatorski otrzymanych rezultatów na podstawie zrealizowanego programu „Doktorat wdrożeniowy” finansowanego ze środków MNiSW na podstawie umowy nr 12/DW/2017/01/1 z dnia 07.11.2017 r. Autor także zwraca uwagę na kierunki dalszych prac i określa ich zakres.

#### **4. Ocena merytoryczna wyników pracy**

Praca jest napisana poprawnym i zrozumiałym językiem dla czytelnika. Materiał symulacyjny i doświadczalny został obszernie wyredagowany. W części teoretycznej opracowania Autor rzeczowo dokonał skondensowanej charakterystyki obiektu badań jak i metod, technik oraz narzędzi stosowanych w tego typu analizach. W drugiej części opracowania, zaczynającego się od rozdziału dziesiątego jest to już know-how



Doktoranta nad wypracowaniem odpowiedniego schematu blokowego autorskiej metodyki optymalizacji konstrukcji w oparciu o analizy wytrzymałościowe pojazdów użytkowych, w szczególności naczep. Zaprezentowany schemat, oparty na pięciu etapach pracy badawczej od przygotowania modelu numerycznego, wyznaczenie najbardziej niekorzystnego obciążenia, analizy wrażliwości układu, optymalizacji postaci geometrycznej aż po doświadczalne badania weryfikacyjne jest logicznym zbiorem tworzącym całość pracy. Treść pracy jest podporządkowana wyznaczonemu celowi naukowemu.

Do głównych zalet i osiągnięć opiniowanej rozprawy należy zaliczyć:

- istotny dobór tematu i kierunku badań, którego potrzeba została wygenerowana w wyniku zatrudnienia Doktoranta w przemyśle;
- przyjęcie stosownej metodyki realizacji celu pracy;
- wyselekcjonowanie charakterystycznego ustroju nośnego na podstawie danych eksploatacyjnych dotychczas użytkowanych naczep w celu poprawy jego trwałości zmęczeniowej w określonych stanach obciążenia;
- opracowanie grupy modeli numerycznych niezbędnych do prowadzenia analiz określonych stanów obciążenia obszaru narożnika analizowanej naczepy;
- zaplanowanie i przeprowadzenie badań eksperymentalnych, mających na celu określenie obciążenia obszaru narożnika, wynikającego z dynamiki ładunku i nadwozia, przez wyznaczenie skrajnych przemieszczeń słupka ściany przedniej;
- odpowiednie dostrojenie modeli numerycznych i ich weryfikacja z badaniami trwałościowymi prowadzonymi w miejscu pracy Doktoranta na przykładzie skrajnych przypadków obciążenia, do których zaliczono hamowanie zestawu drogowego;
- zweryfikowanie skrajnych naprężeń dla materiałów stosowanych (stali konstrukcyjnej) w budowie naczep, w szczególności narożnika przedniego;
- optymalizacja geometryczna narożnika ze względu na negatywny jego wpływ na siodło w przypadku przekroczenia wymaganych wysokości poniżej poziomu płyty podsiodłowej;
- cykl badań z wynikami otrzymanymi w wyniku analiz wrażliwości różnych dopuszczalnych rozwiązań konstrukcji obszaru narożnika;
- opracowanie diagramu optymalizacji analizowanego elementu konstrukcyjnego naczepy w środowisku Ansys Workbench techniką Response Surface Optimization;
- zaprezentowanie autorskiej metodyki doboru postaci konstrukcyjnej naczep w oparciu o analizy wytrzymałościowe pojazdów użytkowych;

- określenie istotnych parametrów wpływających na potencjalne źródła występowania uszkodzeń;
- interdyscyplinarne podejście do rozpatrywanego problemu;
- umiejętne posługiwanie się przez Doktoranta nowoczesnymi narzędziami do prowadzenia symulacji numerycznych zjawisk dynamicznych na przykładzie badań przebiegowych z uwzględnieniem różnych wariantów profilu drogi;
- bogaty dobór rysunków i zestawień uzyskanych wyników w postaci odpowiednich wykresów;
- właściwe zestawienie wniosków i ich interpretacja zarówno z modeli numerycznych, jak i badań doświadczalnych.

Opisane w rozprawie doktorskiej oryginalne badania naukowe, wskazują na właściwą znajomość przez Autora problematyki związanej z metodami badań wytrzymałości zmęczeniowej wyselekcjonowanych ustrojów nośnych. Umiejętnym również podejściem do zagadnień modelowania tych struktur przy wykorzystaniu nowoczesnych narzędzi badawczych.

Przedstawiony w pracy problem badawczy jest interesujący poznawczo i ważny ze względu na jego aplikowanie w przemyśle motoryzacyjnym. Dotyczy, bowiem zagadnień, związanych z optymalizacją zmęczeniową wpływającą na poprawę trwałości, niezawodności i bezpieczeństwa eksploatacyjnego w tym, w ruchu drogowym. Na korzyść Autora przemawia umiejętne omówienie i cytowanie bibliografii. Jej dobór przekonuje Recenzenta o dużej dojrzałości naukowej Autora, jego samodzielności i swobodzie poruszania się w prezentowanych, w rozprawie zagadnieniach. Nowatorskie elementy pracy świadczą o bardzo dobrym przygotowaniu zawodowym Doktoranta, znajomości problematyki i podnoszeniu jakości wyrobów na wymagającym rynku.

## **5. Uwagi krytyczne i dyskusyjne oraz redakcyjne**

Po zapoznaniu się z treścią dysertacji przedłożonej do recenzji, należy zwrócić uwagę na pewne uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne, do których Autor powinien się ustosunkować:

- Autor w początkowej części rozprawy już wprowadza pojęcie „algorytm”, który prezentuje w postaci graficznej w rozdziale dziesiątym. Jest to terminologia niepoprawna, gdyż ten schemat nie spełnia założeń algorytmu.
- Ujęty w etapie V efekt, jako „potwierdzenie poprawności opracowanej metodologii”. Co Autor ma na myśli?, gdyż termin metodologia odnosi się teorii prowadzenia badań.



- W rozdziale dwunastym Doktorant definiuje problem badawczy. Sposób podejścia do stawianego problemu badawczego wymaga doprecyzowania przez Doktoranta.
- Na stronie 96. wiersz pierwszy pod Rys. 81. Autor weryfikację utworzonych połączeń przeprowadził analizą modalną. Proszę o komentarz przyjętych warunków początkowych.
- W rozdziale trzynastym Doktorant obszernie opisał metodykę doboru postaci konstrukcyjnej naczepy w oparciu o analizy wytrzymałościowe. Podkreślił, że dwa przypadki wymagają szczególnych analiz tj.: prawdopodobieństwo uszkodzenia podczas awaryjnego hamowania i wychylenia ściany przedniej do przodu i do tyłu podczas jazdy po drodze. Zagadnienie to zostało potraktowane pobieżnie. Proszę o ustosunkowanie się jakie przyjęto metody określenia trwałości zmęczeniowej dla tych dwóch przypadków.
- Kolejną kwestią wymagającą wyjaśnienia przez Doktoranta jest ugięcie poduszek pneumatycznych i dlaczego założył z góry 5 mm skoro stwierdza, że jest to stan prawdopodobny, który może wystąpić a nie musi.
- Doświadczalne wyznaczanie przemieszczenia słupka bocznego w trakcie jazdy było rejestrowane dwoma metodami pomiarowymi. W jaki sposób te metody zostały porównane ze sobą? Rozumiem, że ich zastosowanie miało na celu wyeliminowanie do minimum błędów pomiarowych.
- Autor odnosząc się do rezultatów optymalizacji geometrii narożnika metodą numeryczną MES stwierdza, że w ostatnim etapie piątym przeprowadzono badania doświadczalne, które miały potwierdzić poprawność proponowanych zmian (por. s. 154). W jaki sposób zostały zestawione wyniki i jaki błąd dopasowania uzyskano?

Pod względem redakcyjnym praca zredagowana jest z właściwą systematyką rozwiązywanych zagadnień. Język pracy jest nienaganny, prosty w swych sformułowaniach, czasami do tego stopnia, że niektóre określenia stanowią tzw. kolokwializmy, które w tym przypadku raczej wpływają na pozytywny przekaz zawartych informacji. Drobne uwagi i błędy redakcyjne zostały zaznaczone w tekście pracy i przekazane Autorowi, natomiast uwagi dyskusyjne zostały przytoczone poniżej:

- zapis na s. 15. „ciężarów ładunku” należy zastąpić „masą ładunku”;
- podpisy pod rysunkami (Rys. 59., s. 75., Rys. 66., s. 82., Rys. 103., s. 113., Rys. 134., s. 145. Należy „algorytm” zamienić na „schemat”;
- na s. 103. Autor w ostatnim wierszu akapicie stwierdza „(...) badania wykonano dawno i nie odnaleziono informacji na ten temat” - nie bardzo jest zrozumiały ten zapis;

- należy pamiętać, że stałe w oznaczeniach pisane są pismem prostym a nie kursywą (por Rys. 88., s. 103);
- stosowanie zapisów typu „(...) dobrego poziomu (...)” jest niestosowną formą (por. s. 105, wiersz 7. od dołu);
- brak jest odnośników do rysunków: 105, 107 i 108;
- s. 144., 3. wiersz od góry „(...) wygina obrzeże (...)” zapis niestosowny;
- s. 156., 16. wiersz od dołu model fizyczny zastąpić model geometryczny.

## 6. Ocena końcowa

Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne, w ocenie merytorycznej mają jedynie charakter dyskusyjny, a uwagi redakcyjne wyłącznie charakter korektorski. Uwagi te w żadnym stopniu nie pomniejszają osiągnięć Doktoranta, co do uzyskanych wartościowych wyników naukowych i poznawczych. Mają zwrócić uwagę na dalszą pracę i wnikliwą analizę oraz zgłębianie stawianych przez Autora problemów badawczych w stopniu wymagań współczesnej światowej nauki.

Oceniając ogólnie przedstawioną rozprawę doktorską, należy podkreślić aktualność jej tematyki, zwłaszcza jej aplikacyjność gdyż była realizowana w programie „Doktorat wdrożeniowy”, którego głównymi założeniami jest rozwiązywanie problemów naukowych generowanych w przemyśle. W ten sposób następuje synergia nauki z otoczeniem społeczno-gospodarczym. Praca jest wkładem w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna, gdyż łączy w sobie zagadnienia z mechaniki i budowy maszyn, konstrukcji i eksploatacji maszyn oraz metod numerycznego modelowania.

Opiniowana praca Pana mgr. inż. Rafała Napierały, zawiera oryginalne elementy rozwiązań sformułowanego problemu naukowego i została zrealizowana na potrzeby przemysłu, a dokładnie usprawnienie procesu optymalizacji wyselekcjonowanych ustrojów nośnych naczepy do transportu drogowego na przykładzie firmy Wielton jednego z wiodących producentów naczep, przyczep i zabudów samochodowych. Opracowane podczas realizacji niniejszej dysertacji metody badań symulacyjnych oraz doświadczalnych świadczą o odpowiednim przygotowaniu Doktoranta do prowadzenia samodzielnej działalności naukowo-badawczej. Dołączone do dysertacji pismo Dyrektora Działu Konstrukcyjno-Technologicznego i Rozwoju Grypy Wielton S.A. potwierdza wagę opisaną metodyki optymalizacji projektowania naczep, która jest z powodzeniem stosowana w firmie, a to świadczy, że Doktorant spełnia kryteria zawarte w programie „Doktorat wdrożeniowy” finansowanego ze środków MNiSW.



## 7. Konkluzja

Recenzowana dysertacja spełnia wymogi odnośnie do przewodu doktorskiego, określone w **Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm).**

Biorąc powyższe pod uwagę, wnioskuję o dopuszczenie mgr. inż. Rafała Napierały do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Napierały', is written over a horizontal dotted line.