

Prof. dr hab. inż. Henryk Franciszek Tylicki
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa
im. Stanisława Staszica
Instytut Politechniczny
Piła

Piła, 12.02.2018

Wpły. nr. Data
Ldż. 108 16 LUT. 2018
WIM. Dan

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Lissa pt.:

" OCENA ZMIAN SZTYWNOŚCI STRUKTUR NOŚNYCH POJAZDÓW METODĄ ANALIZY MODALNEJ"

Promotor rozprawy: prof. zw. dr hab. inż. Bogdan Żółtowski, dr h. c.
Recenzję wykonano na podstawie zlecenia z dnia 21 grudnia 2017r., podpisanego przez
Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy.

Wstęp

Efektywna eksploatacja pojazdów mechanicznych jest jednym z wymogów nowych strategii eksploatacji, zaś jedną z propozycji jej zwiększenia jest wspomaganie procesu eksploatacji metodami diagnostycznymi, w których wykorzystuje się drgania jako źródło informacji o stanie technicznym pojazdów. Doskonalenie istniejących metod diagnozowania konstrukcji nośnych pojazdów w pracach badawczych realizowane jest na podstawie badania parametrów diagnostycznych, mających źródło w procesach towarzyszących. Jest jednak mało opracowań omawiających problem diagnozowania struktur nośnych pojazdów na podstawie badania zmian własności dynamicznych konstrukcji nośnych pojazdów w trakcie eksploatacji, a możliwych do identyfikacji za pomocą narzędzi diagnostyki drganiowej. Dlatego też podjęcie przez mgr Michała Lissa, w recenzowanej rozprawie, próby opracowania metody diagnostycznej opartej na badaniu zmian sztywności struktury nośnej pojazdów za pomocą eksperymentalnej analizy modalnej i wykorzystaniu jej w ocenie stanu technicznego konstrukcji nośnych pojazdów uważam za bardzo interesujące.

Opracowana metoda badania konstrukcji nośnych pojazdów stanowi dobre uzupełnienie dostępnych i stosowanie obecnie metod diagnozowania. Ponadto uzasadniony wybór tematu, jasno sformułowany cel i zakres pracy oraz poprawna egzemplifikacja jej dokonań stanowią o wymiernym wkładzie Autora w rozwój diagnostyki pojazdów mechanicznych.

1. Ocena rozprawy doktorskiej

Pod względem układu treści rozprawę przedstawiono w ośmiu rozdziałach głównych wraz z podsumowaniem, wykazem literatury, streszczeniami i załącznikami na 162 stronach maszynopisu, w tym 107 rysunków, 22 tabel oraz 130 pozycji literaturowych.

Praca zawiera oryginalne rozwiązanie problemu zastosowania eksperymentalnej analizy modalnej do oceny zmian sztywności struktur nośnych pojazdów mechanicznych, co pozwala na ocenę ich stanu dynamicznego oraz lokalizację rozwijających się uszkodzeń. Było to możliwe poprzez:

- a) analizę problematyki wytrzymałości i obciążeń konstrukcji nośnych pojazdów;
- b) analizę metod oceny stanu technicznego konstrukcji nośnych pojazdów;
- c) opracowanie metodyki umożliwiającej bezinwazyjną ocenę zmian sztywności struktur nośnych pojazdów;
- d) egzemplifikację opracowanej metodyki za pomocą metod komputerowych i eksperymentów badawczych.

1.1. Ocena merytoryczna

Recenzowana rozprawa obejmuje problematykę zastosowania metod analizy modalnej do oceny stanu sztywności struktur nośnych pojazdów mechanicznych przy wykorzystaniu teorii diagnozowania, teorii dynamiki maszyn i narzędzi technik komputerowych.

Poprawnie przedstawione uzasadnienie potrzeby realizacji recenzowanej rozprawy wskazuje, że dla potrzeb uzupełnienia metod diagnozowania konstrukcji nośnych pojazdu mechanicznego konieczne jest rozwiązanie problemu wykorzystania metody eksperymentalnej analizy modalnej w aspekcie uzyskania decyzji diagnostycznych wspomagających proces diagnozowania. Możliwość taką mają stwarzać charakterystyki i parametry modalne, co uzasadnia określony cel rozprawy: „*opracowanie i ocena przydatności metody analizy modalnej do oceny zmian sztywności struktur nośnych pojazdów mechanicznych*”. Wynikający z tego zakres rozprawy obejmuje:

1. Analizę zagadnień dotyczących konstrukcji, obciążeń i stosowanych metod oceny stanu struktur nośnych pojazdów.
2. Analizę bezinwazyjnych metod oceny stanu technicznego wykorzystywanych w systemach monitorowania stanu maszyn, ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania metod diagnostyki drganiowej, w tym metod analizy modalnej.
3. Sformułowanie problemu badawczego, uzasadnienie podjęcia tematu, sformułowanie hipotezy, celów głównych i celów szczegółowych oraz zakresu rozprawy.
4. Opracowanie metodyki eksperymentalnej analizy modalnej w aspekcie możliwości diagnozowania struktur nośnych pojazdów w której przedstawiono algorytmy estymacji parametrów modalnych, określono procedury budowy modelu modalnego i eksperymentu modalnego oraz zidentyfikowano możliwości oceny zmian sztywności w konstrukcji nośnych pojazdów na podstawie porównania wybranych charakterystyk oraz parametrów modalnych.
5. Stanowiskowe badania modalne obiektów o cechach zbliżonych do stosowanych w konstrukcjach nośnych pojazdów mechanicznych mające na celu weryfikację metodyki eksperymentalnej analizy modalnej. Badaniom były poddane kwadratowe profile zamknięte: bez połączenia spawanego, z połączeniem spawanym i z uszkodzeniem oraz dwie kratownice wykonane z kwadratowych profili zamkniętych z uszkodzeniem i bez uszkodzenia. W wyniku badań uzyskano modele modalne obiektów, które zweryfikowano odpowiednimi modelami numerycznymi oraz określono ich wrażliwość na złożoność geometryczną obiektów i ich stan techniczny.

6. Terenowe badania modalne dwóch ram nośnych pojazdów Star 266, z uszkodzeniem i bez uszkodzenia, przeprowadzono według zmodyfikowanej metodyki zastosowanej w badaniach stanowiskowych. W wyniku badań uzyskano modele modalne obiektów, które zweryfikowano modelami numerycznymi oraz określono wrażliwość parametrów modalnych na wyższą złożoność konstrukcji ramy nośnej oraz zmienny stan techniczny.
7. Podsumowanie, w którym dokonano oceny wyników przeprowadzonych badań oraz przedstawiono kierunki dalszych prac w obszarze diagnozowania struktur nośnych pojazdów.

1.2. Ocena formalna rozprawy

Autor recenzowanej rozprawy poprawnie w ujęciu systemowym sformułował, opisał i rozwiązał główny problem naukowy, zgodnie z metodyką badań naukowych, przy wykorzystaniu najnowszych dokonań z zakresu metodologii, metod i środków badawczych.

Rozprawa stanowi opracowanie na właściwym poziomie edytorskim, zgodnym z zasadami piśmiennictwa naukowo-technicznego. W tego typu opracowaniach trudno jest jednak ustrzec się błędów, co także ma miejsce w tej pracy. Do ogólnych mankamentów rozprawy zaliczyłbym:

- a) brak precyzyjnego wnioskowania po przeprowadzonej analizie problemów przedstawionych zarówno w studium analitycznym (rozdział 2 i 4) jak i w części syntetycznej rozprawy (rozdział 5);
- b) niezbyt zrozumiałe i mało precyzyjne stwierdzenia, np. „Niestety pozostałe dwa parametry ... są nieco nie pewnymi parametrami.” – s.78, „Przez to wrażliwość modalnego współczynnika tłumienia na zmiany stanu obiektu, w dalszym ciągu jest parametrem nie pewnym” – s.96, „Rozmach w tym przypadku spowodował, że zdecydowanie wzrosła czasochłonność prowadzonego eksperymentu modalnego ... „ – s. 100 oraz inne.

Wśród problemów szczególnie ważnych, wymagających wyjaśnienia podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej można wyróżnić:

- a) wyjaśnienie założenia o liniowości układu w aspekcie stosowania eksperymentalnej analizy modalnej dla obiektów o małej złożoności (badania stanowiskowe) i badań terenowych ram pojazdu Star 266 oraz wiarygodności wyników badań w przypadku niespełnienia powyższego założenia;
- b) wyjaśnienie symulowanego stanu niezdatności kratownicy spawanej w kontekście zdarzeń eksploatacyjnych;
- c) wyjaśnienie symulowanego stanu niezdatności ramy pojazdu Star 266 w kontekście stwierdzenia „rama nośna pierwszego pojazdu jest w pełnym stanie zdatności, zaś w ramie nośnej drugiego pojazdu znajdowało się uszkodzenie w postaci lokalnie zdeformowanej podłużnicy” oraz w kontekście zdarzeń eksploatacyjnych;
- d) wyjaśnienie ograniczeń opracowanej metodyki badań zmian sztywności struktur nośnych w aspekcie kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń konstrukcji nośnych pojazdów.

Szczegółowe główne niedociągnięcia zauważone w rozprawie to:

- a) brak źródeł cytowań w rozdziale 3.1 „Uzasadnienie podjęcia tematu” (s.26, 27);
- b) niezbyt precyzyjne zapisy zależności matematycznych w wzorach w rozdziale 2 i częściowo w rozdziale 5;
- c) niezbyt czytelne rysunki diagramów stabilizacyjnych i postaci drgań własnych;

Przedstawione szczegółowe niedociągnięcia nie wpływają jednak znacząco na wartość rozprawy. Nie wglębiając się dalej w szczegółowe niedociągnięcia zauważone i zaznaczone w rozprawie (np. numeracja tabel i rysunków nie skorelowana z numeracją rozdziałów pracy,

błędne zapisy po niedokładnej korekcie autorskiej oraz wiele zagmatwanych stylowo sformułowań językowych) można stwierdzić, że rozprawa nie wymaga uzupełnień ani przeredagowania.

2. Osiągnięcia rozprawy

Uważam, że sformułowany i rozwiązany poprawnie merytorycznie w pracy cel główny został osiągnięty, ponieważ:

- a) opracowano metodykę oceny zmian sztywności struktur nośnych pojazdów mechanicznych metodą eksperymentalnej analizy modalnej;
- b) opracowano koncepcję i implementację badań eksperymentalnych metodyki oceny zmian sztywności struktury nośnej pojazdów za pomocą metod eksperymentalnej analizy modalnej według kryteriów złożoności geometrycznej konstrukcji nośnej i stopnia identyfikacji jej uszkodzenia;
- c) uzyskano przesłanki do udoskonalenia procesu diagnozowania maszyn, w tym konstrukcji nośnych pojazdów mechanicznych.

Do oryginalnych osiągnięć Autora w rozprawie można zaliczyć:

- a) podjęcie problematyki wykorzystania metody eksperymentalnej analizy modalnej do oceny zmian sztywności konstrukcji nośnych pojazdów mechanicznych:
 - analiza dynamiki konstrukcji nośnych pojazdów w aspekcie wykorzystania zmian sztywności struktury nośnej do oceny stanu i lokalizacji uszkodzeń,
 - opracowanie metodyki badawczej oceny zmian sztywności struktur nośnych metodą eksperymentalnej analizy modalnej,
- b) opracowanie procedury identyfikacji charakterystyk i parametrów modalnych jako parametrów diagnostycznych oceny stanu i lokalizacji uszkodzeń konstrukcji nośnych pojazdów;
- c) opracowanie założeń identyfikacji relacji przyczynowo – skutkowych w zakresie złożoności konstrukcji nośnych i ich badanie według algorytmu: stan struktury nośnej – złożoność konstrukcji nośnej oraz stopień identyfikacji jej uszkodzenia – wartości parametrów i postaci charakterystyk modalnych.

3. Konkluzja

Zrealizowana rozprawa doktorska mgr Michała Lissa dotyczy ważnych zagadnień teorii diagnostyki technicznej i jej praktycznego stosowania w doskonaleniu eksploatacji pojazdów mechanicznych. Dotyczy to w ogólności sformułowania i rozwiązania zagadnień wspomagania procesu diagnozowania technikami z obszaru badania własności dynamicznych konstrukcji nośnych pojazdów oraz egzemplifikacji tych dokonań w ramach eksperymentu czynnego ze wskazaniem praktycznych zastosowań.

Niektóre z opracowanych w rozprawie zagadnień i metod są wymiernym wkładem Autora do problematyki diagnostyki technicznej i eksploatacji maszyn. Przeprowadzona analiza pod kątem praktycznego zastosowania dokonań rozprawy pozwala sformułować następujące wnioski:

- a) zaproponowana i zweryfikowana eksperymentalnie nowa metoda oceny stanu technicznego struktur nośnych pojazdów z zastosowaniem eksperymentalnej analizy modalnej potwierdziła słuszność jej zastosowania, umożliwia bowiem uzupełnienie istniejących metod diagnozowania konstrukcji nośnych pojazdów;
- b) opracowana w rozprawie metodyka diagnozowania konstrukcji nośnych pojazdów na podstawie charakterystyk i parametrów modalnych okazała się skuteczna, ponieważ

pozwała generować oryginalne wyniki badań diagnostycznych z obszaru stanu struktur nośnych pojazdów;

- c) algorytmizacja procedur metodyki stwarza możliwość ich wykorzystania w pokładowych lub stacjonarnych systemach diagnostycznych.

Podczas opracowywania rozprawy Autor umiejętnie wykorzystał doświadczenie nabyte podczas prowadzonych badań, wykazał się dużą inwencją naukową oraz wnikliwością badawczą. Jego umiejętności odkrywcze zademonstrowane w sformułowaniu problemu naukowego, jego realizacji i przeprowadzaniu eksperymentów, poparte wnikliwym wnioskowaniem pozwalają pozytywnie ocenić stopień wiedzy Autora i Jego wkład w rozwój dyscypliny naukowej, której dotyczy rozprawa. Dokonania Autora w rozprawie dobrze świadczą o Jego dojrzałości naukowej oraz samodzielności w formułowaniu i rozwiązywaniu istotnych problemów poznawczych i aplikacyjnych.

Wyrażając pozytywną opinię o recenzowanej rozprawie oraz, w związku z tym że recenzowana rozprawa spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 tekst ujednolicony z dnia 29 września 2014r. wraz z późniejszymi rozporządzeniami), stawiam wniosek o przyjęcie jej jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Michała Lissa do obrony publicznej przed Radą Naukową Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego w Bydgoszczy.

