



**Opinia o rozprawie doktorskiej
mgr inż. Andrzeja Weremczuka: „Analiza drgań nieliniowych układów
mechanicznych z opóźnieniem czasowym”**

1. Wstęp

Przedmiotem rozprawy doktorskiej analiza drgań nieliniowych występujących w rzeczywistych układach mechanicznych, w których uwzględniono występowanie opóźnienia czasowego. Promotorami przewodu doktorskiego są prof. dr hab. Jerzy Warmański i dr hab. inż. Rafał Rusinek (promotor pomocniczy). Badania zrealizowano w ramach projektu „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”, w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG) współfinansowanym przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Głównym celem pracy była analiza wpływu opóźnienia czasowego na stateczność układu mechanicznego oraz opracowanie metod sterowania i redukcji drgań. Rozpatrywane zagadnienia są innowacyjne o dużym znaczeniu zarówno poznawczym (rozwój teorii układów dynamicznych z opóźnieniem czasowym) jak i aplikacyjnym (redukcja drgań podczas procesu skrawania). Zajęcie się tymi zagadnieniami uważam za celowe i wskazane. Wprowadzając opóźnienie czasowe do analizy dynamiki procesu skrawania (skrawanie ortogonalne i frezowanie) Doktorant rozwiązał oryginalny problem naukowy.

2. Ocena najważniejszych wyników pracy

Rozprawa zaczyna się wstępem dobrze obrazującym aktualny stan wiedzy oraz motywującym podjęte badania. Następnie w rozdziałach 4-6 przedstawiono analizę dynamiki układów o jednym stopniu swobody (głównie równanie Duffinga ale także jednowymiarowe modele procesów skrawania i frezowania). Analiza ta opiera się na przybliżonych analitycznych oraz numerycznych rozwiązaniach równań różniczkowych z opóźnieniem czasowym. Najważniejszymi wynikami uzyskanymi w tej części pracy jest określenie wpływu opóźnienia czasowego na charakter krzywych rezonansowych układu, stateczność rozwiązań oraz zjawisko histerezy drgań (np. rys. 4.5(b), 4.13, 4.15). Zastosowanie przybliżonych analitycznych metod pozwoliło na identyfikację wpływu poszczególnych parametrów skrawania na stateczność układu (rys. 5.7 – szkoda, że częściowo nieczytelny). Należy podkreślić, że określenie tego wpływu byłoby (bardzo) pracochłonne przy zastosowaniu tylko metod numerycznych.

W następnych dwóch rozdziałach (7 i 8), które stanowią główną część rozprawy, przedstawiono analizę układu dwóch sprzężonych oscylatorów Duffinga oraz podstawy metody eliminacji drgań w procesie skrawania. Do analizy układu dwóch sprzężonych oscylatorów Duffinga także zastosowano przybliżone metody analityczne. Należy tu podkreślić, że zastosowanie tych metod do układów wielowymiarowych (o więcej niż jednym stopniu swobody) jest bardzo pracochłonne a co za tym idzie nie często stosowane. W tym przypadku Doktorantowi także udało się identyfikacja wpływu opóźnienia czasowego na stateczność rozwiązań (rys. 7.9). Wyniki te następnie zostały zweryfikowane przez bezpośrednie symulacje i moim zdaniem stanowią istotną podstawę do dalszych badań układów sprzężonych. Następnie Doktorant przedstawił analizę dwu-wymiarowego modelu procesu frezowania. Otrzymane przybliżone wyniki analityczne zostały zweryfikowane nie tylko numerycznie ale także poprzez częściowe badania eksperymentalne. Przedstawione w rozdziałach 7 i 8 wyniki potwierdzają słuszność założenia o konieczności modelowania procesów

skrawania za pomocą równań różniczkowych z opóźnieniem czasowym i wytyczają kierunki dalszych badań.

Rozprawę kończą dobrze sformułowane wnioski (rozdział 9).

Ogólnie rozprawa jest dobrze napisana i zredagowana, ale prezentacja niektórych wzorów i rysunków (np. 7.6-7.9) mogłaby być lepsza. Pewnym mankamentem jest brak komentarza na temat warunków istnienia rozwiązań analizowanych równań. Równania z opóźnieniem czasowym nie są klasycznymi równaniami różniczkowymi dla których obowiązuje twierdzenie o istnieniu i jednoznaczności rozwiązania. Zastosowanie do ich rozwiązywania analitycznych metod opracowanych dla równań bez opóźnienia czasowego należałoby uzasadnić (mam nadzieję, że ten problem będzie tematem dyskusji na obronie publicznej). Wskazane byłoby też bardziej szczegółowe przedstawienie kierunków i celów przyszłych badań.

3. Wniosek

Stwierdzam, że w mojej opinii mgr inż. Andrzej Weremczuk posiada kwalifikacje umożliwiające mu prowadzenie badań naukowych, zaś przedłożona mi do oceny rozprawa doktorska stanowi znaczny wkład w rozwój mechaniki. W oparciu o jej wyniki powinny powstać 2-3 artykuły opublikowane w dobrych czasopismach z listy ICR. Rozprawa ta spełnia zatem warunki określone w odpowiedniej ustawie i może służyć za podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie mgr inż. Andrzejowi Weremczukowi stopnia doktora w dyscyplinie naukowej mechanika.

Proponuję dopuszczenie rozprawy mgr inż. Andrzeja Weremczuka do obrony publicznej.

