

Opinia o rozprawie doktorskiej

Pana mgr. inż. Jacka Zająca

pt. „*Parametry wibroakustyczne zaawansowanych technologicznie materiałów*

i ustrojów do redukcji drgań w środowisku pracy”

/na zlecenie Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – PIB/

1. Wprowadzenie

Zagrożenia na stanowisku pracy oddziaływaniem drgań mechanicznych jest tym z czynników negatywnie działających na organizm człowieka, który w ostatnich latach intensywnie wzrasta. Wiąże się to z gwałtownym rozwojem techniki i co za tym idzie zastępowaniem wielu czynności wykonywanych ręcznie różnego rodzaju narzędziami i urządzeniami mechanicznymi. Widoczna progresja zanieczyszczania środowiska pracy szeroko rozumianymi procesami wibroakustycznymi wymaga stałego doskonalenia metod i środków zapobiegawczych. Za tym zjawiskiem próbuje nadążyć rynek oferując wiele nowych materiałów i struktur reklamowanych jako skuteczne zabezpieczenia antywibracyjne. W dalszym ciągu brak jest jednak jednolitych kryteriów oceny i metod doboru. W tej sytuacji podjęcie przez Autora wysiłku przebadania i określenia cech materiałowych licznej próbki takich materiałów (którą można uznać za reprezentatywną dla obecnej sytuacji rynkowej) należy ocenić pozytywnie. **Uważam zatem temat rozprawy za aktualny i posiadający istotne znaczenie aplikacyjne.**

2. Omówienie rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa liczy 83 strony tekst, 5 stron wykazu literatury i ponad 100 stron załączników dokumentujących badania (niestety bez numeracji stron). Praca podzielona jest na 11 rozdziałów (w tym krótki wstęp i licząca 84 pozycje bibliografia). Redakcję opracowania należy uznać za poprawną a wybór literatury za zadawalający.

Po wstępie, w którym Autor uzasadnia wybór tematu powołując się na licznie cytowaną literaturę (na początku rozdziału 2) znajduje się teza rozprawy mówiąca, że: **Można wykazać, że za pomocą materiałów i ustrojów zaawansowanych technologicznie jest możliwe redukcowanie drgań**

na stanowiskach pracy w zdefiniowanym zakresie częstotliwości i w określonych warunkach użytkowania.

Wykazanie słuszności tak zdefiniowanej tezy wymaga z jednej strony określenia na drodze eksperymentalnej cech materiałowych mających istotne znaczenie dla właściwości wibroizolacyjnych a następnie weryfikację materiałów uznanych za właściwe w warunkach rzeczywistych, czyli jako izolatorów drgań miejscowych i ogólnych. Taki też jest układ logiczny ocenianej pracy.

W rozdziale 3 krótko omówiono podstawy teoretyczne formułowania miar mogących stanowić podstawę oceny badanych materiałów, nawiązano do wytycznych normowych obowiązujących w tym zakresie oraz krótko scharakteryzowano podstawowe metody pomiarowe.

W rozdziale 4 krótko przedstawiono wybór badanych materiałów odsyłając Czytelnika do załącznika nr 2, który zawiera tak zwane karty pomiarowe podające między innymi szczegółowe informacje o 57 badanych próbkach. Wybór materiałów można uznać za dostatecznie obszerny by stanowił reprezentację aktualnej sytuacji rynkowej.

Rozdział 5, kluczowy dla dalszych rozważań stanowi sprawozdanie z przeprowadzonych badań laboratoryjnych na stanowisku badawczym zmodyfikowanym (dostosowanym) przez Autora, w trakcie których określono moduły transmitancji na drodze *wzbudnik ↔ obciążnik izolowany badanym materiałem* oraz współczynnik sprężystości i tłumienia (przy założeniu modelu liniowego i tłumienia wiskotycznego). Wstępnie wykonano test przyspieszonego starzenia się (utleniania) materiałów i wykonano badania powtórnie.

W efekcie przeprowadzonych prac Autor dokonał selekcji i wybrał do dalszych badań i weryfikacji 10 najlepszych materiałów.

W kolejnym rozdziale 6 Autor relacjonuje badania wyselekcjonowanych materiałów zmierzając do określenia pętli histerezy i ustalenia na tej podstawie modułu Younga i współczynnika sprężystości oraz porównuje rezultaty tych badań z wynikami testu dynamicznego opisanego w rozdziale 5 słusznie zwraca uwagę na istotność wymiaru próbki wynikającą z objętościowego charakteru odkształcenia.

Rozdział 7 przedstawia badania symulacyjne ruchu obciążnika stanowiska badawczego dla wymienionych parametrów (k , c) przy pomocy modelu liniowego o jednym stopniu swobody. Badanie wykonano poprawnie, chociaż można by taki model wykorzystać znacznie bardziej efektywnie (chociażby do oceny nieliniowych zaburzeń) czy też po prostu poddać go zabiegom identyfikacji.

Rozdział 8 opisuje badanie przez Autora wytypowanych materiałów w warunkach naturalnych (na stanowisku pracy). Uwzględniono drgania przekazywane na rękę przez 3 różne urządzenia oraz drgania ogólne przekazywane przez podłoże (2 różne przypadki). Dla każdej obserwacji określono moduły transmitancji.

W rozdziale 9, na podstawie uzyskanych wyników, Autor dokonuje oceny finalnej badanych materiałów a w rozdziale 10 prezentuje wnioski z badań.

3. Uwagi krytyczne i zapytania

- 1) W punkcie 3.1 Autor używa sformułowania, że „w literaturze można spotkać dwie definicje logarytmicznego dekrementu drgań”, po czym podaje dwie metody obliczania współczynnika δ . To skądinąd słuszne stwierdzenie powinno na poziomie pracy doktorskiej być wyjaśnione, że „właściwym” logarytmicznym dekrementem tłumienia jest (jak wskazuje nazwa) wykładnik potęgi funkcji eksponentialnej, przez którą mnożony jest czynnik okresowy w rozwiązaniu równania ruchu dyskretnego układu drgającego z tłumieniem wiskotycznym. Całe nieporozumienie z dwojakim definiowaniem bierze się z występowania czynnika „2” w rozwiązaniu (3.4) równania charakterystycznego (3.3). Prościej niż podaje Autor można od razu równanie (3.2) sprowadzić do postaci bezwymiarowej dzieląc stronami przez współczynnik bezwładności a wartość c/m oznaczyć wzorem wielu Autorów przez $2h$ (lub 2δ). Dalej już będzie jednoznacznie...
- 2) Definicja na stronie 34 jest nieściśła. Stosunek transformaty Fouriera sygnału wyjściowego do wejściowego jest transmitancją widmową układu (!) a jej moduł to iloraz odpowiednich gęstości widmowych. Co oznaczają litery A, czy transformatę Fouriera przebiegu $a(t)$ jak napisano w tekście, czy amplitudę przyspieszenia?
- 3) Autor oblicza transmitancję układu z „definicyjnej” zależności „wyjście”-„wejście”. Czy nie lepiej byłoby wykorzystać wzajemną gęstość widmową i obliczyć transmitancję na 2 sposoby jako $G_{xy}:G_{xx}$ i $G_{yy}:G_{yx}$ co pozwoliłoby określić odchylenie od modelu liniowego? Czy te różnice są naprawdę tak znikome, że warto je pominąć bez komentarza? Z próby modelowania opisanej w rozdziale 7 wynika, że mogą być istotne.
- 4) Autor oblicza w rozdziale 6 moduł Younga (i współczynnik sprężystości) dzieląc maksymalną siłę przez odpowiadające jej odkształcenie. W układzie z pętlą histerezy tak obliczone wartości są pewnym uśrednieniem i winny być podane z przymiotnikiem „średni” (nie do końca poprawnie) lub „zastępczy” (lepiej).
- 5) Oceniając badane materiały Autor wprowadza stałą skalę stopnia użyteczności materiału do minimalizacji drgań, w której określenie „zadowalający” obejmuje wartość modułu transmitancji „1”. Czy naprawdę układ przenoszący całość energii drganiowej jest (zgodnie z zasadą medyczną „nie szkodzić”) zadowalający?
- 6) W załączniku (1) do pracy pokazano rysunki wykonawcze części laboratoryjnego stanowiska badawczego skonstruowane przez Autora, co jest działaniem skądinąd właściwym

(dokumentującym wkład pracy koncepcyjnej doktoranta) lecz pozbawionym jakiegokolwiek sensu przy braku rysunku złożeniowego (!) Nawet konfrontacja ze zdjęciami wszystkiego nie wyjaśnia (!): na przykład, czy rozstaw otworów gwintowanych może być nietolerowany? A swoją drogą to jak wykonać otwory zakończone prostopadłym dnem (na rysunku 07) czy gwint M20 (na rysunku 03)?

4. Ocena rozprawy

Mimo wymienionych przeze mnie drobnych uwag szczegółowych ogólna ocena rozprawy jest w pełni pozytywna.

- 1) Autor wykonał poprawnie zaplanowany obszerny eksperyment naukowy wykazując się w pełni kwalifikacjami do pracy badawczej.
- 2) Zgromadzone i porządnie usystematyzowane wyniki badań laboratoryjnych stanowią istotny wkład w rozwój naszej wiedzy i mają znaczenie aplikacyjne.
- 3) Wyciągając wnioski Autor wykazał się umiejętnością właściwej (krytycznej) oceny uzyskanych rezultatów, m.in. podkreślając, że cechy materiałowe nie są dostateczną podstawą wyboru materiału do redukcji drgań ogólnych (potrzebny jest pełny model dynamiczny).
- 4) Pod względem edytorskim rozprawa napisana jest starannie i poprawnym językiem.

5. Konkluzja

Uważam, że Kandydat przedkładając rozprawę „*Parametry wibroakustyczne zaawansowanych technologicznie materiałów i ustrojów do redukcji drgań w środowisku pracy*” wykazał się umiejętnością samodzielnego postawienia i rozwiązania istotnego zadania badawczego a wymieniona rozprawa spełnia wymogi Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym oraz dobrej praktyki akademickiej, w związku z czym **wnioskuje o dopuszczenie Pana mgr. inż. Jacka Zajęca do publicznej obrony.**

