

Recenzja pracy doktorskiej pt.

„Parametry wibroakustyczne zaawansowanych technologicznie materiałów i ustrojów do redukcji drgań w środowisku pracy,,

mgr inż. Jacka Zajęca

Postawą wykonania recenzji była uchwała Rady Naukowej Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego z dnia 12 lipca 2017 oraz protokół ustaleń z dnia 6 listopada 2020 w jego następstwie przesłanie umowy nr 20/11/0003/DZ przez mgr Mirosław Flejmer - z-ca dyr. ds. Ekonomiczno-Administracyjnych reprezentującego Centralny Instytut Ochrony Prac będącym - Państwowym Instytutem Badawczym, 00-701 Warszawa ul. Czerniakowska 16.

1. Wprowadzenie

Zagadnienia ochrony społeczeństwa od drgań mechanicznych jest jednym z najpoważniejszych problemów współczesnego świata. Dotyczy on głównie, pomijając wpływ takich źródeł drgań jak transport drogowy czy szynowy i jego wpływ na konstrukcje architektoniczne i ludzi w nich przebywających, osób używających w swojej działalności twórczej narzędzi wibracyjnych, takich jak ręczne młoty udarowe do kruszenia konstrukcji, głównie drogowych, szlifierek ręcznych, wiertarek w stomatologii oraz wszelkich ręcznych urządzeń wibracyjnych np. urządzeń do masażu wibracyjnego. Urządzenia tego typu mogą i z reguły mają negatywny wpływ na zdrowie osób pracujących w tych warunkach, co objawiać się może zaburzeniami w układzie kostno-stawowym, układzie mięśniowym, układzie nerwowym, układzie krwionośnym której objawem może być tzw. choroba wibracyjna.

Stąd też pojawienie się zagadnienia związanego z realizacją szeregu prac nad możliwością zastosowania nowych, pod względem technologicznym materiałów i ustrojów do ograniczenia wpływu drgań na organizm ludzki a w szczególności ich wdrożenie jest jednym z najpoważniejszych problemów w obecnej rzeczywistości. Oceniana praca wpisuje się w ten

kierunek badań i można, moim zdaniem, jej temat uznać za aktualny, a złożoność rozważanego w niej problemu w pełni uzasadnia konieczność poszukiwania jego rozwiązania w oparciu o wiedzę i stosowanie nowoczesnych narzędzi naukowych i badawczych. Biorąc te wszystkie elementy pod uwagę, uważam że temat rozprawy za aktualny i posiadający elementy nowości w szczególności zakresu badań oraz istotne znaczenie praktyczne.

2. Charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Jacka Zająca została przygotowana w *Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego* pod kierunkiem promotora *prof. dr hab. inż. Jana Adamczyka* przy współudziale promotora pomocniczego *dr inż. Piotra Kowalskiego*.

Oceniana rozprawa doktorska liczy 87 stron. Składa się ona z dziesięciu rozdziałów, spisu bibliografii - 84 pozycji, z czterech załączników w których zamieszczone są rysunki wykonawcze modernizujące istniejące stanowisko badawcze, karty badań, charakterystyki częstotliwościowe przyspieszeń drgań i modułów transmitancji materiałów i ustrojów na stanowiskach pracy, spisu rysunków – 52 rysunków i spisu tabel – 14 tabel.

Jako cel pracy Autor przyjął *„Wyznaczenie parametrów wibroakustycznych materiałów i ustrojów zaawansowanych technologicznie pod kątem ich wykorzystania do ochrony przed drganiami mechanicznymi na stanowiskach pracy.*

Tak sformułowany cel pracy dał podstawy do postawienia przez Autora następującej tezy naukowej: *„ Można wykazać , że za pomocą materiałów i ustrojów zaawansowanych technologicznie jest możliwe redukcjonowanie drgań mechanicznych na stanowiskach pracy w zdefiniowanym zakresie częstotliwości i w określonych warunkach użytkowania.*

W celu realizacji tezy naukowej pracy doktorskiej Autor zrealizował następujący zakres prac:

1. przegląd wielkości charakteryzujących właściwości wibroakustyczne materiałów oraz metod badań w odniesieniu do środowiska pracy;
2. wykonanie stanowisk badawczych do wyznaczania parametrów wibroakustycznych materiałów i ustrojów w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych;
3. opracowanie metod badań przenoszenia drgań zaawansowanych technologicznie materiałów i ustrojów w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych (eksploatacyjnych);

4. przygotowanie próbek zaawansowanych technologicznie materiałów i ustrojów do badań;
5. przeprowadzenie badań parametrów wibroakustycznych wybranych materiałów i ustrojów;
6. przeprowadzenie testu przyspieszonego starzenia próbek wybranych materiałów i ustrojów;
7. przeprowadzenie badań właściwości wibroakustycznych materiałów i ustrojów w oparciu o wykresy ustabilizowanych pętli histerezy pracy mechanicznej;
8. przeprowadzenie badań symulacyjnych pionowego przemieszczenia drgań obciążnika testowego podczas badań przenoszenia drgań przez próbkę materiału;
9. przeprowadzenie badań właściwości wibroakustycznych wybranych materiałów i ustrojów w warunkach rzeczywistych;
10. przeprowadzenie oceny redukcji drgań przez zbadane materiały i ustroje pod kątem ich przeznaczenia do ochrony pracowników przed drganiami mechanicznymi w warunkach rzeczywistych. Wyznaczenie zakresów częstotliwości, w których badane materiały/ustroje wykazały co najmniej zadawalającą redukcję drgań o ogólnym działaniu i drgań działających przez kończyny górne na zbadanych stanowiskach w warunkach rzeczywistych.

Rozdział 1 stanowi wstęp, rozdział 2 – cel, zakres i tezę pracy a w rozdziale 3 omówiony został dotychczasowy stan wiedzy i wielkości fizyczne charakterystyczne dla materiałów o własnościach wibroakustycznych, głównie tłumienia. W rozdziale 4 Autor zdefiniował sposób oznaczania próbek oraz ustrojów, które zamieścił w Załączniku 2.

Rozdział 5 stanowi zasadniczą część badań i projektu modernizującego wzbudnik drgań typu IMV J240 co stanowi element nowości tej pracy. Opracował metodykę badań bazującej na wyznaczeniu współczynników: sprężystości K oraz tłumienia C przy wykorzystaniu metody krzywej rezonansowej. W rozdziale tym autor przedstawił wyniki badań wytypowanych próbek w postaci charakterystyk fazowo-częstotliwościowych dla różnych obciążeń. Przedstawił też porównanie transmitancji w funkcji częstotliwości różnych typów próbek przy tym samym nacisku jednostkowym. Badania te przeprowadził dla wytypowanych próbek dla różnych obciążeń, gęstości objętościowej oraz dla próbek o konstrukcji sandwiczowej. Wyniki tych wszystkich badań zamieszczone są w załącznikach 2 – 4.

W Rozdziale 6 autor przeprowadził badania właściwości mechanicznych wytypowanych materiałów i ustrojów w oparciu o wykresy ustabilizowanych pętli histerezy przy prędkościach odkształcenia 0,1 mm/s i 1 mm/s i w oparciu o nie wyznaczył współczynnik

rozproszenia energii i współczynnik sprężystości. W rozdziale 7 przedstawione zostały badania symulacyjne oddziaływania podłoża na obiekt chroniony, w tym wypadku jest nim człowiek. Nie zgadzam się z modelami przedstawionymi na rys.7.1, a chodzi głównie o zaznaczoną siłę $F(t)$, która jest czynnikiem wywołującym amplitudę drgań podłoża, czyli $x_s(t)$. Dlatego przypadku napisane są równania różniczkowe ruchu i zrealizowany model symulacyjny, która to przeprowadzona w środowisku obliczeniowym Matlab.

Rozdział 8 to badania w warunkach rzeczywistych na stanowiskach pracy w trakcie których rejestrowano jednocześnie 6 sygnałów, 3 sygnały na podłożu jako referencyjne i 3 sygnały w pobliżu stóp lub kończyn górnych, wyniki zestawiono w załączniku 4.

W rozdziale 9 autor przedstawił ocenę skuteczności redukcji drgań dla badanych materiałów w oparciu o kierunkowe i skorygowane wartości współczynników transmitancji oraz przedstawił kryteria oceny redukcji drgań o działaniu ogólnym i działaniu miejscowym. Istotną wartością, która jest indywidualnym wkładem autora jest określenie w postaci liczby skuteczności redukcji drgań danego materiału a poprzez to określenie, ważne dla producenta, który z nich warto produkować i dla jakich rzeczywistych warunków na stanowiskach pracy.

3. Ocena strony redakcyjnej pracy

Tekst ocenianej pracy został opracowany bardzo starannie, Podział treści pracy na rozdziały uważam za logiczny. Język jakim operuje Autor jest, moim zdaniem, poprawny zarówno stylistycznie jak i pod względem użytego słownictwa. Rysunki są dobrej jakości i adekwatnie ilustrują kolejne elementy realizacji prowadzonych rozważań. Krytyczna uwaga dotycząca strony redakcyjnej to brak jednolitego spisu symboli i oznaczeń na początku pracy oraz brak konsekwencji numeracji rysunków, rozdział 1 – rys.1 a rozdz.3 –rys.3.1.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Oceniana praca ma charakter badawczy i dotyczy redukcji drgań przez materiały mogące być wykorzystywane do produkcji ubrań ochronnych dla pracowników pracujących w miejscach zagrożonych drganiami lub używającymi urządzeń o dużej charakterystyce drganiowej. Plan badań jak i same badania ułożono i przeprowadzono bardzo starannie a ich wyniki przedstawiono w załącznikach w postaci kart badań dla poszczególnych materiałów

Punktem wyjścia do prowadzenia badań było przeprowadzenie analizy stanu wiedzy. Autor odniósł się w pracy do zbioru publikacji zawierającego: 84 pozycji literatury naukowej, w tym 5 pozycji zawierających normy, przepisy i rozporządzenia. Zdecydowana większość

cytowanych publikacji ukazała się w języku angielskim. Cytowane prace, mające istotny wpływ na rozpoznanie zagadnień związanych z tematyką pracy, zostały opublikowane w latach 1984 - 2016. Moim zdaniem potwierdza to aktualność opisanych w pracy wyników badań. Wybór pozycji literatury do oceny obecnego stanu wiedzy dokonany przez Autora uznaję za uzasadniony i wystarczający.

W trakcie realizacji opisanych w pracy badań Doktorant wykorzystał nowoczesne narzędzia programowe uniwersalne środowiska do prowadzenia symulacji numerycznej. Pozytywnie oceniam zastosowaną metodykę badawczą. Opisane w pracy wyniki, moim zdaniem, świadczą o posiadaniu przez Autora umiejętności samodzielnego prowadzenia badań, rzetelnego opisu ich przebiegu, dyskusji osiągniętych rezultatów oraz formułowania wniosków.

Przedstawione w pracy wyniki badań doświadczalnych oraz symulacyjnych, w mojej opinii, w pełni uzasadniają twierdzenie Autora o osiągnięciu przyjętego celu pracy oraz udowodnieniu sformułowanej tezy pracy.

Za główne, opisane w pracy oryginalne osiągnięcia Doktoranta uważam:

- systematyzację przyjętej metody badań
- przyjęcie algorytmu symulacji dynamicznej oraz weryfikacji jej wyników w warunkach laboratoryjnych.

Na uznanie, moim zdaniem, zasługuje możliwość aplikacji wyników badań osiągniętych przez Autora.

4.1 Uwagi krytyczne

Przeprowadzona przeze mnie ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej mgr inż. Jacka Zająca była podstawą do sformułowania następujących uwag krytycznych:

- U1. Dość uproszczone omówienie zagadnienia drgań swobodnych tłumionych, kiedy jakie tłumienie,
- U2. Czy w modelach przedstawionych na rys. 7.1 winna być zaznaczona siła $F(t)$, gdy w rzeczywistości w modelu symulacji rys.7.2 wymuszeniem jest przemieszczenie.
- U2. Czy przyjęte kryterium oceny redukcji drgań będzie miało uzasadnienie w przypadku obciążenia impulsowego, jakie zdarza się np. w trakcie biegu.

4.2 Pytania

Zwracam się do Doktoranta o udzielenie odpowiedzi na jedno, następujące pytanie:

1. Jakiego typu tłumienia mogą wystąpić w układach drgających swobodnie o jednym stopniu swobody i co o tym decyduje ?

5. Podsumowanie

Autor przedstawił **swoje oryginalne** opracowanie dotyczące materiałów redukujących drgania na stanowiskach pracy, moim zdaniem **poprawnie zrealizował postawiony cel i zakres pracy**. Przedstawione w pracy wyniki badań potwierdzają, w mojej opinii, że Doktorant posiada wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne w zakresie dynamiki układów dyskretnych oraz technik symulacji numerycznej z zastosowaniem profesjonalnych narzędzi programowych. Na podkreślenie zasługuje użyteczny charakter wyników opiniowanej pracy.

Uważam, że mimo sformułowanych przeze mnie powyżej uwag krytycznych, oceniana praca stanowi warty uznania wkład naukowy Doktoranta, w szczególności w dziedzinie badań materiałowych pod kątem wibroizolacji.

Biorąc pod uwagę:

- moją pozytywną ocenę merytoryczną pracy,
- oryginalne rezultaty osiągnięte w pracy,

formułuję następujący wniosek końcowy:

Praca doktorska mgr inż. Jacka Zająca pt. „**Parametry wibroakustyczne zaawansowanych technologicznie materiałów i ustrojów do redukcji drgań w środowisku pracy,**” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zawarte w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym

W związku z tym wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Jacka Zająca do publicznej obrony.

