

mgr inż. JACEK ZAJĄC
 dr inż. PIOTR KOWALSKI
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy
 Kontakt: jazaj@ciop.pl
 DOI: 10.5604/01377043.1201791

Metoda badania materiałów i urządzeń do ochrony przed drganiami mechanicznymi na nowym stanowisku laboratoryjnym CIOP-PIB

Fot. Archiwum CIOP-PIB



W artykule przedstawiono opracowaną metodę badań materiałów i urządzeń przeznaczonych do ochrony przed drganiami mechanicznymi w środowisku pracy. Metoda ta jest oparta na wyznaczeniu transmitancji oraz współczynników przenoszenia drgań próbek wybranych materiałów i urządzeń na stanowisku badawczym. Głównym elementem stanowiska jest system do generacji sygnału drganiowego na bazie wzbudnika drgań J240 firmy IMV. Przedstawiono opracowaną konstrukcję obciążnika testowego z regulowaną masą oraz sposób obciążania próbek. Porównanie wyników uzyskanych dla różnych próbek potwierdza przypuszczenie, że zmiana obciążenia próbki w większości przypadków wpływa znacząco na wartości transmitancji, a więc także na tłumienie drgań. Nie jest jednak możliwe określenie jednej tendencji oraz zakresu takich zmian dla wszystkich badanych materiałów. Zmiany te nie przebiegają liniowo wraz ze zmianami obciążenia (nacisku jednostkowego).

Słowa kluczowe: drgania mechaniczne, badania laboratoryjne, materiały ochronne, tłumienie, transmitancja

A method of the research of materials for protection against mechanical vibration at the new CIOP-PIB laboratory station

The paper presents the developed method of testing anti-vibration material properties. The method is based on determining the transmission of vibrations. It has been described a test bench based on a system of vibration generation made by IMV. The measurement system has feedback circuit and static load compensation using a pneumatic system. The paper also presents the way of sample loading during tests using developed adjustable mass. Test results were obtained as average values of vibration transmissibility calculated for tested material samples. Comparison of the results obtained for different material samples confirms the assumption that the change of the sample load, in most cases, substantially affect on the damping of vibrations. It has been found that it is not possible to determine a trend and the range of such changes for all tested materials.

Keywords: mechanical vibrations, laboratory research, protective materials, sound suppression, transmittance

Wstęp

Obserwowane w ciągu ostatnich lat zwiększenie wydajności maszyn i urządzeń pociąga za sobą m.in. stosowanie większych mocy silników, prędkości, sił uderzeń, co powoduje z kolei zwiększone poziomy emisję drgań i hałasu w bezpośrednim otoczeniu urządzeń. Stosowanie środków redukcji drgań źródła, zmiany parametrów siły wymuszającej układu drgającego, bądź dołączenie układu dodatkowego (jak np. dynamiczny eliminator drgań lub aktywny układ redukcji drgań) jest często niemożliwe lub niewystarczające. Niekiedy jedynym rozwiązaniem zmniejszającym zagrożenie drganiami mechanicznymi jest ograniczenie transmisji drgań do organizmu pracownika przez wprowadzenie między źródło drgań a człowieka materiałów wibroizolacyjnych. Użycie odpowiednich środków ochrony przynosi pozytywne efekty w zakresie tłumienia i izolacji drgań pod warunkiem ich prawidłowego doboru. W przeciwnym razie może dojść do skutku odwrotnego, tzn. wzmocnienia drgań przenoszonych do środowiska zamiast ich ograniczenia [1]. Dobór właściwych środków ochrony indywidualnej przed drganiami mechanicznymi na stanowiskach pracy jest utrudniony ze względu na wpływ cech osobniczych (m.in. masę, wzrost, budowę ciała) danego pracownika na przenoszenie drgań [2, 3, 4].

O ile w chwili obecnej przy doborze materiałów do konstrukcji ochron przed drganiami miejscowymi można kierować się kryteriami zawartymi w normach [5, 6], tak w przypadku drgań ogólnych nie ma wytycznych, w jaki sposób dobierać materiały do konstrukcji środków ochrony indywidualnej. Brak ujednoczonej metody badań znacznie utrudnia możliwość ilościowego porównania właściwości tłumiących badanych materiałów [7].

W artykule przedstawiono opracowaną w CIOP-PIB metodę badań parametrów mechanicznych materiałów i urządzeń pod kątem ich wykorzystania do ochrony przed drganiami mechanicznymi na stanowiskach pracy. Badania

prowadzone były (i są nadal) na laboratoryjnym stanowisku badawczym, opracowanym w Centrum TECH-SAFE-BIO Instytutu.

Stanowisko badawcze

Główną część stanowiska stanowi system do generacji sygnału drganiowego bazujący na wzбудniku drgań ze wzmacniaczem mocy oraz sterownikiem (rys. 1.).

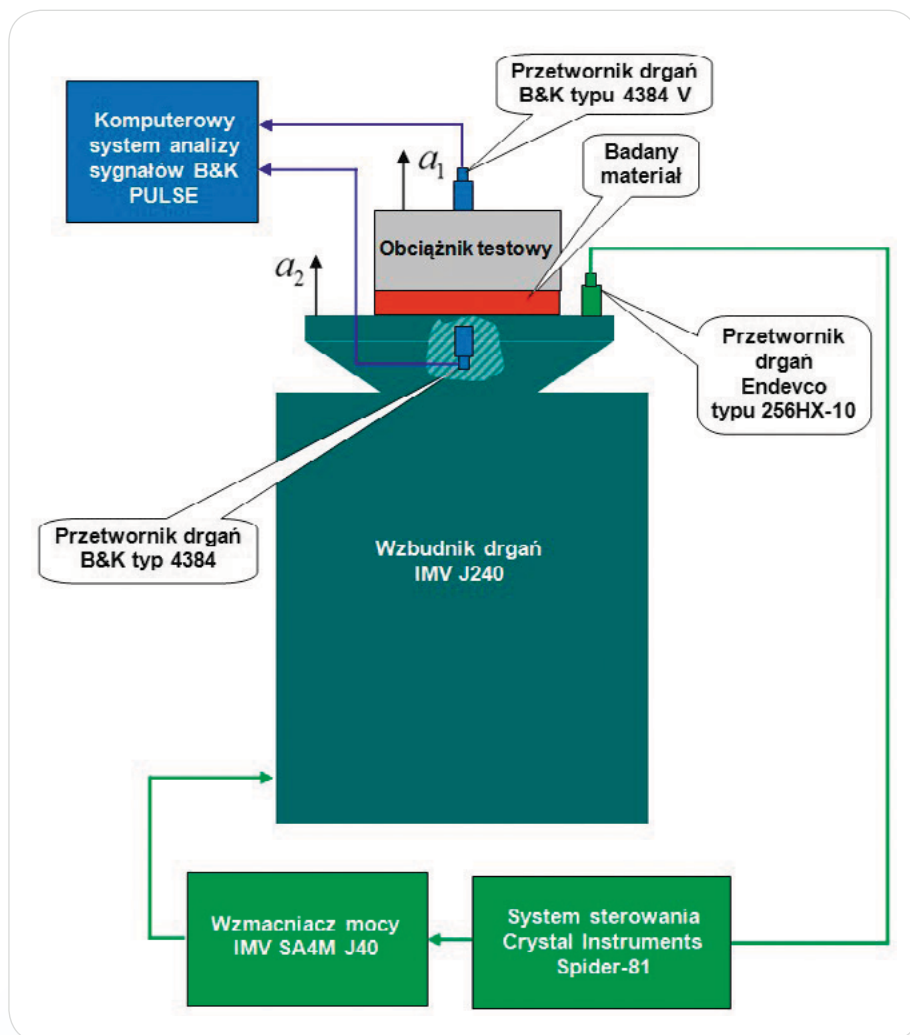
Ważnym zagadnieniem podczas badań jest sposób obciążania próbki. Zgodnie z metodą podaną w normie PN-EN ISO 13753:2010, do obciążania próbki materiału stosowany jest metalowy wałek (np. ze stali) o promieniu 45 mm i masie 2,5 kg. W przypadku materiałów o innym przeznaczeniu (niż zastosowanie w rękawicy antywibracyjnej) takie obciążenie próbek nie odzwierciedla w dostateczny sposób warunków rzeczywistych. Również wymiary próbek (tj. wielkość powierzchni i grubość) nie są reprezentatywne dla materiałów przeznaczonych np. na maty, wykładziny lub struktury wielowarstwowe do ochrony przed drganiami działającymi w sposób ogólny. W związku z tym, aby zapewnić możliwość regulacji obciążenia próbki w zależności od jej budowy i własności fizyko-mechanicznych, a jednocześnie zachować liniową charakterystykę przenoszenia drgań, została opracowana konstrukcja obciążnika składającego się z dwóch zamiennych podstaw oraz czterech wymiennych elementów dociągających w postaci walców, które mogą być łączone w dowolnej kolejności (rys. 2.).

Niezależne połączenie śrubowe każdej z par elementów obciążnika umożliwia łatwy i pewny montaż jego każdej konfiguracji. Taki sposób połączeń minimalizuje także efekty związane ze współpracą poszczególnych elementów podczas wymuszenia drganiami mechanicznymi (m.in. mikropremieszczenia względne). Masa każdego z elementów obciążnika jest taka sama i wynosi $70 \pm 0,2$ kg. Dwie zamienne podstawy o średnicach 252 mm i 357 mm, łączone z pozostałymi 4 elementami, pozwalają uzyskiwać naciski jednostkowe od $\sim 0,007$ MPa do $\sim 0,07$ MPa.

Metoda badań

Badania materiałów, w tym zaawansowanych technologicznie (m.in. inteligentnych, wykonanych w technologii nanocząsteczkowej) i urządzeń (konstrukcji wielowarstwowej, materiałów łączonych itp.) pod kątem ich wykorzystania do ochrony przed drganiami mechanicznymi na stanowiskach pracy, zostały oparte na pomiarach przenoszenia drgań w warunkach laboratoryjnych (rys. 3.). Opracowana metoda badawcza wykorzystuje transmitancję obciążonego materiału, jako wielkość charakteryzującą tłumienie drgań. Zakres częstotliwości analizowanych drgań: $0,9 \div 800$ Hz obejmuje składowe generowane przez maszyny i urządzenia stacjonarne oraz pojazdy.

Badany materiał/urządzenie umieszczany jest na stole wzбудnika i obciążany za pomocą obciążnika testowego. Jako drganiowy sygnał testowy został wykorzystany filtrowany biały szum z zakresu częstotliwości $0,9 \div 800$ Hz. Analizowany zakres



Rys. 1. Schemat stanowiska do badań parametrów technicznych materiałów i urządzeń do ochrony przed drganiami mechanicznymi na stanowiskach pracy

Fig. 1. Diagram of test bench used to test materials for protection against mechanical vibration at workstations



Rys. 2. Sposób obciążania próbek materiałów podczas badań przy użyciu obciążnika testowego o regulowanej masie 70 ± 350 kg

Fig. 2. The way of sample loading during tests using developed adjustable mass

częstotliwości obejmuje zakres drgań działających w sposób ogólny na pracownika ($0,9 \div 90$ Hz), co umożliwia ocenę badanych materiałów pod kątem ich zastosowania do ochrony pracowników narażonych na drgania przenoszone przez stopy i/lub miednicę (pośladki).

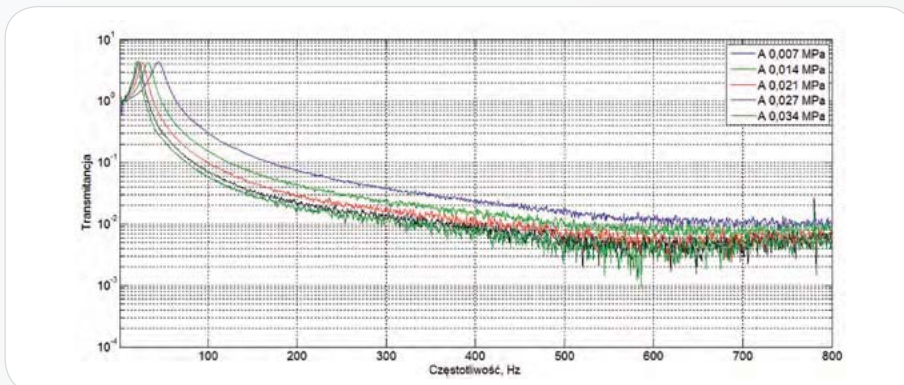
Transmitancja próbki badanego materiału wyznaczana jest przez pomiar przyspieszenia drgań

na obciążniku testowym a_2 , które odpowiada przyspieszeniu drgań na górnej powierzchni próbki oraz przez pomiar przyspieszenia drgań stołu wzбудnika drgań a_1 , które odpowiada przyspieszeniu drgań dolnej powierzchni próbki.

Transmitancja obciążnika wykorzystywanego podczas badań wynosi $1 (\pm 0,05)$ w całym badanym paśmie częstotliwości ($0,9 \div 800$ Hz).



Rys. 3. Stanowisko do badań transmitancji materiałów do ochrony przed drganiami mechanicznymi na stanowiskach pracy
Fig. 3. Sample of tested material during measurement



Rys. 4. Przykładowe przebiegi transmitancji w funkcji częstotliwości dla badanej próbki przy obciążeniach: 0,007 MPa, 0,014 MPa, 0,021 MPa, 0,027 MPa, 0,034 MPa

Fig. 4. Transmissibility as a function of frequency calculated for tested materials loaded – example

Oznacza to, że obciążnik nie zakłóca pomiarów transmitancji badanych próbek.

W celu uzyskania wyników o jak najmniejszej niepewności pomiarów, przyspieszenia drgań są mierzone przy użyciu przetworników tego samego typu (B&K 4384). Na podstawie zmierzonych przyspieszeń drgań wyznaczany jest współczynnik przenoszenia drgań T_i z zależności:

$$T_i = \frac{a_1}{a_2}$$

gdzie:

a_1 – całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na powierzchni obciążnika testowego
 a_2 – całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na stoliku wzbudnika

oraz transmitancje badanych próbek materiałów i ustrojów w funkcji częstotliwości (rys. 4.).

Wyznaczone w ten sposób wielkości (transmitancja oraz współczynnik przenoszenia drgań) są podstawą do wstępnej klasyfikacji danego materiału/ustroju do ochrony przed drganiami mechanicznymi na stanowiskach pracy.

Podsumowanie

Na podstawie testów stanowiska badawczego oraz wyników wstępnych badań materiałów i ustrojów można stwierdzić, że zastosowana metoda, oparta na pomiarze transmitancji i współczynnika przenoszenia drgań, pozwala na ocenę tłumienia drgań przez materiały i ustroje pod obciążeniem. Porównanie transmitancji uzyskanych dla różnych próbek potwierdza przypuszczenie, że zmiana obciążenia próbki w większości przypadków wpływa znacząco na jej przebieg (a więc także na tłumienie drgań). Uzyskane wyniki badań wskazują także, że nie jest możliwe określenie jednej tendencji oraz zakresu takich zmian transmitancji wszystkich badanych materiałów. Zmiany te nie przebiegają liniowo wraz ze zmianami obciążenia (nacisku jednostkowego).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Targosz J., Adamczyk J. *Badania doświadczalne wibroizolacyjnych elementów elastomerowych*. „Logistyka-Nauka” 2011,6
- [2] Bartkowiak G., Baszczyński K., Bogdan A., Brochocka A., Hrynyk R., Irzmańska E., Koradecka D., Majchrzycka K., Makowski K., Marszałek A., Owczarek G. and Żera J. (2012) Use of Personal Protective Equipment in the Workplace, in Handbook of Human Factors and Ergonomics, Fourth Edition (ed G. Salvendy), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA
- [3] Chatten C. Hand in Glove – PPE specific to Hand-arm Vibration (HAV). Health and Safety International, 10th Jul 2010
- [4] Koton J., Kowalski P. *Dobór środków ochrony indywidualnej w profilaktyce zespołu wibracyjnego*. „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2002,374, 9,10-12
- [5] PN-EN ISO 13753:2010 Drgania mechaniczne i wstrząsy – Drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne – Metoda wyznaczania współczynnika przenoszenia drgań materiałów elastycznych obciążonych układem ręka-ramię
- [6] PN-EN ISO 10819:2013-12 Drgania i wstrząsy mechaniczne. Drgania oddziałujące na organizm człowieka przez kończyny górne. Pomiar i ocena współczynnika przenoszenia drgań przez rękawice na dłoń operatora
- [7] Chung D.D.L. *Review. Materials for vibration damping*. “Journal of Materials Science” 2001,36,5733-5737

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.