PRACE NAUKOWE GIG
GÓRNICTWO I ŚRODOWISKO
Kwartalnik

RESEARCH REPORTS
MINING AND ENVIRONMENT
Quarterly 4/2003

Cezary Bartmański, Witold Mrukwa

NOWY PRZETWORNIK DRGAŃ – METODA BADAŃ, WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNE

Streszczenie

Częstym skutkiem oddziaływania drgań mechanicznych na ludzi, uczestniczących w realizacji wielu procesów technologicznych, jest choroba zawodowa zwana zespołem wibracyjnym. Dotyczy to przede wszystkim przypadków, w których drgania przenoszone są do kończyn górnych pracowników obsługujących narzędzia ręczne o napędzie pneumatycznym i spalinowym. Zagrożenia człowieka w środowisku pracy, potwierdzone corocznymi raportami na temat zapadalności na choroby zawodowe wymagają systematycznych badań obejmujących pomiary parametrów drgań i, na ich podstawie, oszacowania stanu oddziaływania drgań na konkretnego pracownika.

Międzynarodowe i krajowe dokumenty normalizacyjne precyzują, między innymi prawidłową, z uwagi na transmisję drgań do organizmu człowieka, lokalizację przetwornika dla tych pomiarów – w miejscu kontaktu rąk pracownika z drgającą powierzchnią. Brak odpowiednich przetworników pomiarowych uniemożliwia jednak taki pomiar i sprawia, że w praktyce powszechnie stosuje się metodę zastępczą, tj. pomiar obok rąk pracownika, sankcjonowaną co prawda przez przepisy metodyczne, będącą jednak odstępstwem, fałszującym w pewnym stopniu wyniki pomiarów.

W artykule przedstawiono wyniki kolejnego etapu badań, prowadzonych w celu opracowania metody pomiaru drgań w miejscu kontaktu rąk człowieka, odpowiadającej wymaganiom zawartym w krajowych i międzynarodowych dokumentach normalizacyjnych.

Przedmiotem tego etapu badań był prototyp trójosiowego piezoelektrycznego przetwornika drgań, oznaczonego roboczym symbolem A3R firmy EMSON-MAT, skonstruowany specjalnie dla tego typu pomiarów. Z uwagi na specyficzny kształt przetwornika, zakres badań obejmował, opracowanie sposobu mocowania przetwornika do wzorcowego źródła drgań oraz pomiar parametrów metrologicznych przetwornika i określenie ich zgodności z wymaganiami zawartymi w przepisach metrologicznych. W ramach pomiarów parametrów metrologicznych wyznaczono czułości znamionowe, zmierzono charakterystyki przetwarzania i charakterystyki częstotliwościowe oraz wyznaczono, w ograniczonym zakresie, względne czułości poprzeczne przetwornika. Wyniki pomiarów zaprezentowano w formie tabel i wykresów.

W wyniku badań stwierdzono, że prototypowy przetwornik drgań A3R spełnia wymagania metrologiczne ustalone w przepisach metrologicznych o piezoelektrycznych użytkowych przetwornikach drgań. Pozytywne wyniki pozwalają na kontynuację badań porównawczych dwóch sposobów lokalizacji miejsca pomiaru drgań – dotychczas stosowanego w praktyce, obok rąk pracownika oraz nowego, w miejscu kontaktu rąk pracownika z drgającą powierzchnią, w warunkach symulujących pomiary na stanowisku pracy, na którym drgania są przenoszone do organizmu człowieka przez kończyny górne.

New vibration transducer – methodology of testing, metrological characteristics

Abstract

A frequent consequence of the influence of mechanical vibration on humans involved in technological processes is the occupational disease called the vibration syndrome. This refers, first of all, to the cases, in which vibration is transmitted to the upper limbs of the workers who operate hand-held equipment with pneumatic or combustion drive. The hazards in the work environment, confirmed by annual reports on the sick rates of the occupational diseases, need systematic investigations which include

the measurements of vibration parameters, and, on that basis, the evaluation of the condition on vibration influence on an individual worker.

The international and national standardisation documents precise, among the other things, a correct, in respect of vibration transmission to the human organism, location of the transducers for such measurements. This is the point of contact of the worker's hands with the vibrating surface. However, the lack of suitable measuring transducers makes such a measurement impossible, and causes that, in practice,
a substitute method is commonly used that is the measurement beside the worker's hands. As a matter of fact, this is sanctioned by methodological regulations, but still it is a deviation, which falsify, to some extent, the results of measurements.

The paper presents the results of a consecutive phase of research conducted with the aim to develop a method for measuring vibration in the place of contact of the human hands, and fulfilling the requirements included in both domestic and international standardisation documents.

The subject of this research phase was a prototype of the three-axial piezoelectric vibration transducer, manufactured by EMSON- MAT under the symbol A3R, and constructed especially for such type of measurements. Considering a specific shape of the transducer, the scope of research included the development of a method of fastening the transducer to the reference source of vibration, and measurements of its metrological parameters, as well as defining their compatibility with the requirements contained in the metrological regulations. Within the framework of measurements of metrological parameters, the rated sensitivities, processing characteristics have been measured, and, to a limited extent, the relative transverse sensitivities of the transducer have been determined. The results of measurements were presented in the form of tables and diagrams.

As a result of the conducted investigations, it was found that the prototype vibration transducer A3R meets the metrological requirements specified in the metrological regulations on usable piezoelectric vibration transducers. The positive results make possible to continue the comparative studies of two methods of location of vibration measurement, the one beside the hands, and used until now in practice, and the other, new one, being the place of contact of worker's hands with the vibrating surface, in the conditions which simulate measurements at the work station where vibration is transmitted to the human organism through the upper limbs.

1. WPROWADZENIE

Drgania mechaniczne, pochodzące z różnych źródeł i oddziałujące na ludzi, należą do grupy czynników środowiska pracy, mogących stanowić poważne zagrożenie zdrowia. Skutkiem tego oddziaływania jest często choroba zawodowa, zwana zgodnie z oficjalnie przyjętą terminologią – **zespołem wibracyjnym** [14]. Według najnowszych poglądów, wyrażonych w obowiązującym akcie prawnym [14], choroba ta może występować pod trzema postaciami: naczyniowo-nerwową, kostno-stawową i mieszaną.

Z danych, zamieszczanych w corocznych raportach na temat zapadalności na choroby zawodowe w gospodarce narodowej wynika, że w ostatnich latach zaznacza się tendencja spadkowa, a mianowicie w 1998 roku wystąpiło 345 przypadków zespołu wibracyjnego, 275 w 1999 roku, 198 w 2000 roku i 205 w 2001 roku [1, 2, 3, 4].

W rankingu chorób zawodowych natomiast pod względem wartości współczynnika zachorowalności, na 20 jednostek chorobowych zespół wibracyjny, w 1998 roku zajmował szóste miejsce [1], a w 2000 roku – siódme [3].

Zdecydowaną większość przypadków zespołu wibracyjnego spowodowało oddziaływanie drgań przenoszonych do kończyn górnych pracowników obsługujących głównie narzędzia ręczne o napędzie pneumatycznym i spalinowym. I tak na przykład

w 2000 roku na 198 przypadków 185 – zostało spowodowanych wymienionym rodzajem drgań (125 – postać naczyniowo-nerwowa, 45 – postać kostno-stawowa, 15 – postać mieszana), 5 – drganiami o ogólnym oddziaływaniu na organizm człowieka, a w 8 przypadkach nie podano źródła zagrożenia.

Stan zagrożenia człowieka w środowisku pracy oddziaływaniem drgań przenoszonych do kończyn górnych, wymaga prowadzenia systematycznych badań. Wymuszają je postanowienia zawarte w obowiązujących aktach prawnych [13, 15]. Zakres tych badań obejmuje pomiary parametrów drgań w miejscu występowania zagrożenia oraz szacowanie stanu oddziaływania drgań na konkretnego pracownika.

Pomiary należy prowadzić, zgodnie z postanowieniem prawodawcy [15], z zastosowaniem metody sformułowanej w instrukcji metodycznej [6], opracowanej w CIOP, z wykorzystaniem postanowień zawartych w odpowiednich dokumentach ISO, przyjętych również jako normy europejskie. Istotą tych pomiarów jest lokalizacja i sposób mocowania przetwornika drgań, ponieważ od tego w znacznym stopniu zależy wiarygodność uzyskiwanych wyników. Z literatury dotyczącej badania drgań, w tym również z międzynarodowych dokumentów normalizacyjnych wynika, że omówiony w pracy [7] pomiar należy wykonywać w miejscu kontaktu rąk pracownika z drgającą powierzchnią, co uważa się za podstawowe miejsce pomiaru. Takie wymaganie sformułowano również we wspomnianej powyżej instrukcji.

2. GENEZA TEMATYKI BADAWCZEJ

Wymaganie wykonywania pomiaru drgań w miejscu kontaktu rąk z ich źródłem jest bardzo słuszne z uwagi na transmisję drgań do organizmu człowieka, jak na razie, ma ono jednak charakter wyłącznie teoretyczny. Powodem jest brak przetworników drgań o odpowiedniej konstrukcji, która umożliwiałaby taki pomiar. W związku z tym, w praktyce pomiary są dokonywane zazwyczaj obok rąk pracownika, obsługującego, na przykład wiertarkę pneumatyczną, co jest sankcjonowane przez przepisy metodyczne zarówno międzynarodowe [8, 9], jak i krajowe [6]. Trzeba jednak zdawać sobie sprawę z tego, że uzyskuje się wtedy charakterystykę drgań, na przykład narzędzia, a nie drgań transmitowanych do rąk pracownika.

Przedstawiony stan badań nad drganiami przenoszonymi do kończyn górnych trwa od wielu lat. Jak zaznaczono we wprowadzeniu, pomiar we właściwym miejscu będzie możliwy wtedy, gdy będą dostępne odpowiednie przetworniki drgań, spełniające podstawowe wymagania, sformułowane w pracy [12]. Konstrukcję specjalnego przetwornika przyspieszenia drgań, przeznaczonego w zamyśle konstruktorów do pomiarów między wewnętrzną powierzchnią ręki pracownika a powierzchnią rękojeści bądź uchwytu obsługiwanego przez niego narzędzia, opracowano w firmie EMSON-MAT w Krakowie. Wykorzystując ten fakt zespół pracowników Laboratorium Akustyki Technicznej Głównego Instytutu Górnictwa podjął badania, których końcowym celem jest opracowanie metody pomiaru, mającej zastąpić metodę, stosowaną aktualnie. W wyniku realizacji pierwszego etapu badań stwierdzono, że przetwornik nowej konstrukcji stwarza realną możliwość pomiaru drgań przeno-

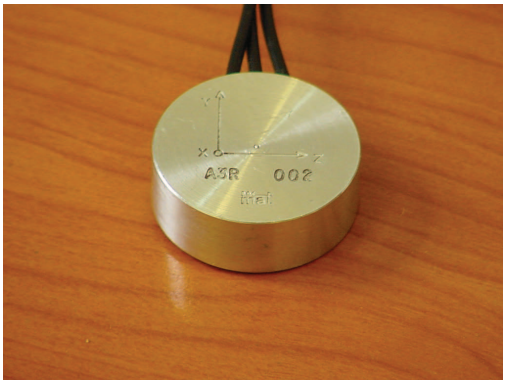
szonych do kończyn górnych w miejscu kontaktu rąk pracownika z powierzchnią narzędzia bądź elementów sterowania maszynami, czy też pojazdami [7, 12]. W niniejszym artykule przedstawiono przebieg realizacji kolejnego etapu badań oraz uzyskane wyniki.

3. PRZEDMIOT I CEL BADAŃ

Przedmiotem drugiego etapu badań był prototyp trójosiowego piezoelektrycznego przetwornika drgań, oznaczony roboczym symbolem A3R (fot. 1). W aluminiowej obudowie, w kształcie spłaszczonego walca o wymiarach:

- wysokość – 10,8 mm,
- średnica – 30 mm,

zostały umieszczone trzy oddzielne elementy – czujniki przetwarzające drgania mechaniczne na odpowiadające im sygnały elektryczne. Zdaniem konstruktorów, dla założonej czułości przetwornika, jego wymiary gabarytowe są najmniejsze z możliwych, przy obecnym poziomie techniki.

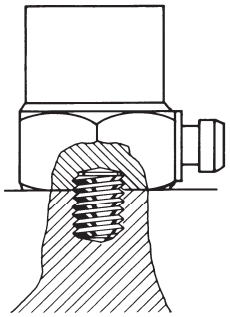


Fot. 1. Prototyp przetwornika drgań, typu A3R – widok ogólny

Photo 1. Prototype of vibration transducer, type A3R – general view

Głównym celem badań było określenie właściwości metrologicznych nowego przetwornika i ich zgodności z wymaganiami, stawianymi tego rodzaju przetwornikom przez przepisy metrologiczne [16].

Ze względu na specyficzny kształt przetwornika A3R, powstała konieczność dokonania modyfikacji metody badań, a w zasadzie jednego z jej elementów – sposobu mocowania przetwornika do wzorcowego źródła drgań. Przetworniki piezoelektryczne wymagają bezpośredniego kontaktu z drgającym obiektem. Właściwości mechaniczne połączenia w znaczący sposób wpływają na jego parametry metrologiczne, w szczególności na charakterystykę częstotliwościową. W literaturze [5, 11] i normach [10] zaleca się mocowanie z wykorzystaniem stalowego, gwintowanego wkrętu (rys. 1).



Rys. 1. Mocowanie przetwornika za pomocą gwintowanego wkrętu

Fig. 1. Fastening of the transducer by means of the threaded bolt

Taki sposób mocowania wskazany jest również w procedurze pomiarowej, dotyczącej przetworników drgań, stosowanej w Laboratorium Akustyki Technicznej GIG. Typowe przetworniki trójosiowe (obudowa w kształcie prostopadłościanu), mają w płaszczyznach obudowy, prostopadłych do poszczególnych kierunków nominalnych wektorów czułości (osi czułości), gwintowane otwory umożliwiające wykorzystanie tego sposobu mocowania. Brak w badanym przetworniku takich otworów spowodował, że należało na wstępie zrealizować cel szczegółowy – opracować taki sposób mocowania przetwornika do źródła drgań, aby jego wpływ na uzyskiwane wyniki był minimalny.

4. REALIZACJA BADAŃ

4.1. Zakres badań

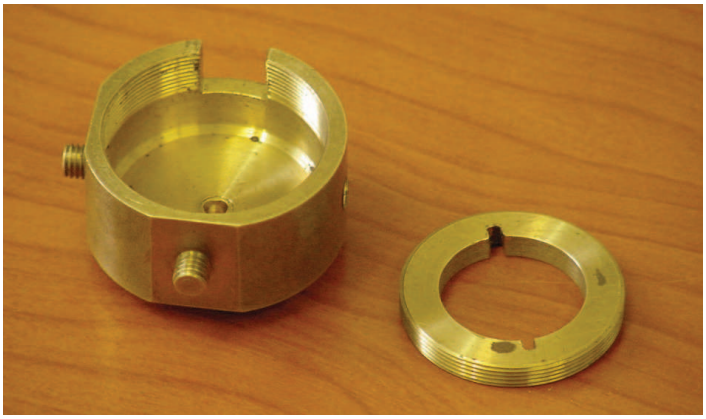
Badania obejmowały:

- opracowanie sposobu mocowania przetwornika A3R do wzorcowego źródła drgań, charakteryzującego się brakiem szkodliwych rezonansów w deklarowanym przez wytwórcę zakresie częstotliwości,
- pomiar parametrów metrologicznych przetwornika A3R zgodnie z wymaganiami instrukcji sprawdzania przetworników drgań [17], w zakresie właściwym dla procesu uwierzytelniania przetworników, przewidzianym w przepisach metrologicznych [16], tj.:
  - sprawdzenie czułości znamionowej,
  - sprawdzenie charakterystyki przetwarzania,
  - sprawdzenie charakterystyki częstotliwościowej, oraz w ograniczonym zakresie
  - sprawdzenie względnej czułości poprzecznej.

Pomiary przeprowadzono na stanowisku do badania aparatury wibroakustycznej w Laboratorium Akustyki Technicznej GIG. Aparatura, będąca wyposażeniem stanowiska, znajduje się pod nadzorem metrologicznym, objętym zakresem akredyta-

cji PCA. Parametry metrologiczne mierzono metodą porównawczą, zgodnie z procedurą pomiarową nr PP-01, pn. „Sprawdzanie przetworników drgań mechanicznych" wchodzącą w skład Księgi Procedur Pomiarowych Laboratorium Akustyki Technicznej GIG, akredytowanej przez PCA.

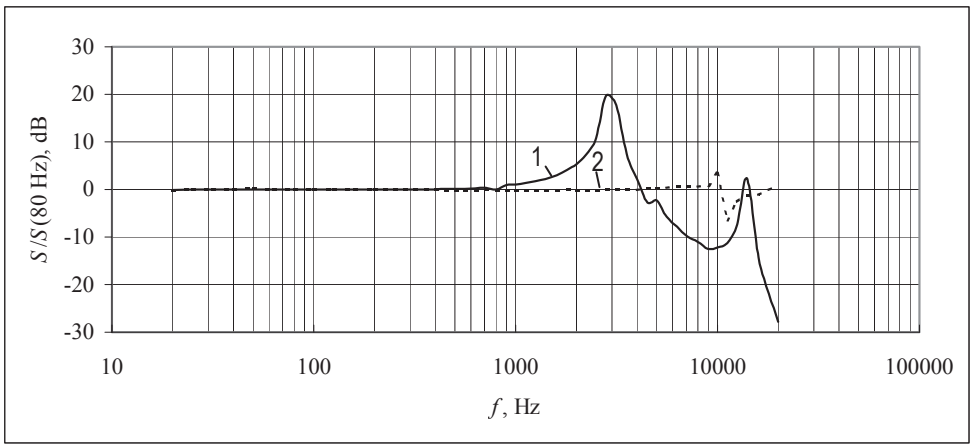
Jak wspomniano, przetwornik A3R był konstruowany z myślą o pomiarach drgań na styku ręka operatora – rękojeść narzędzia. Mocuje się go do wewnętrznej powierzchni dłoni za pomocą skórzanej opaski [7]. Aby umożliwić wykonanie pomiarów kontrolnych w laboratorium na stole wibracyjnym (wymaganych przy zatwierdzaniu typu czy też podczas okresowego wzorcowania) przetwornik został wyposażony w specjalny uchwyt, pozwalający na mocowanie go do źródła drgań, w poszczególnych osiach za pomocą złącza gwintowanego (fot. 2). Uchwyt jest wykonany w postaci mosiężnego, wydrążonego walca. Badany przetwornik drgań jest umieszczany wewnątrz walca i unieruchamiany za pomocą wkręcanego pierścienia. W podstawie walca oraz na jego powierzchni bocznej, wzdłuż prostopadłych osi, są osadzone trzy wkręty mocujące.



Fot. 2. Uchwyt do mocowania przetwornika na stole wibracyjnym

Photo 2. Clamp for mounting the transducer on the vibrating table

Z powodu zastrzeżeń do zaproponowanego przez producenta rozwiązania, zdecydowano się na wykonanie wstępnych pomiarów w celu stwierdzenia, czy konstrukcja uchwytu jest prawidłowa. Jako referencyjną metodę mocowania zastosowano klejenie przetwornika do źródła drgań przy pomocy cienkiej warstwy pszczelego wosku. Metoda ta, mająca pewne ograniczenia odnośnie do zakresu stosowania (temperatura poniżej 40ºC, wartości przyspieszenia drgań do około 100 $m \cdot s^{-2}$), wykazuje nieznaczne pogorszenie parametrów użytkowych przetwornika w stosunku do połączenia „na gwint" [10]. Z uwagi na walcowaty kształt obudowy przetwornika i możliwość prawidłowego przytwierdzenia do wzorcowego źródła drgań jedynie jego podstawy, pomiary wstępne wykonano dla osi X, tj. dla osi prostopadłej do tej płaszczyzny. Na rysunku 2 przedstawiono charakterystyki częstotliwościowe przetwornika dla dwóch sposobów mocowania.



Rys. 2. Charakterystyki częstotliwościowe przetwornika A3R dla różnych sposobów mocowania do źródła drgań: *f* – częstotliwość, *S*/*S*(80 Hz) – czułość względna, 1 – mocowanie za pomocą uchwytu fabrycznego, 2 – mocowanie za pomocą wosku

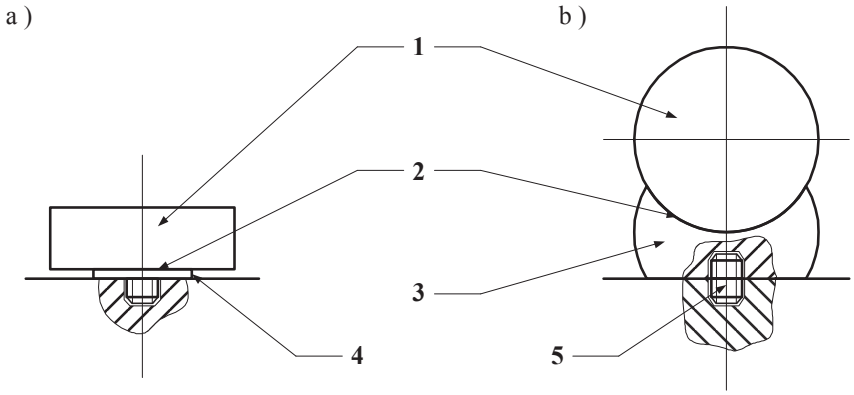
Fig. 2. Frequency characteristics of the A3R transducer for various methods of fastening to the vibration source: *f* – frequency, *S*/*S*(80 Hz) – relative sensitivity, 1 – fastening by means the manufacturer's mount, 2 – fastening by means of wax

Porównanie obu krzywych wskazuje, że układ uchwyt mocujący – przetwornik ma rezonans mechaniczny dla częstotliwości około 3 kHz, co zaburza przebieg charakterystyki częstotliwościowej przetwornika i w istotny sposób zawęża zakres częstotliwości jego pracy.

Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki w dalszych pomiarach odstąpiono od stosowania uchwytu skonstruowanego przez wytwórcę i zadecydowano o mocowaniu przetwornika za pomocą wosku.

Należy zaznaczyć, że podczas wykonywania badań porównawczych parametrów metrologicznych badany przetwornik był montowany na przetworniku kontrolnym. Kierunki nominalnych wektorów czułości przetwornika kontrolnego i przetwornika badanego pokrywają się. Informacje o mocowaniu badanego przetwornika do wzorcowego źródła drgań, w czasie tych badań, dotyczą więc mocowania przetwornika badanego do przetwornika kontrolnego. Aby mocowanie to było prawidłowe należy zapewnić ścisłe przyleganie powierzchni obu przetworników. Dla pomiarów w osi *X* montaż przetwornika nie nastręcza trudności, gdyż powierzchnią przylegania jest płaszczyzna podstawy (rys. 3a). Gwintowany otwór przetwornika kontrolnego „zaślepiany" był elementem pośredniczącym, stanowiącym element standardowego wyposażenia przetwornika.

W przypadku pomiarów w osiach *Y* i *Z*, podczas których badany przetwornik przylega do źródła drgań powierzchnią boczną (walca), zaproponowano następujący sposób mocowania. Wykonano element pośredniczący, przedstawiony schematycznie na rysunku 3b. Element ten jest mocowany do przetwornika kontrolnego za pomocą wkrętu, natomiast przetwornik badany jest klejony do elementu pośredniczącego za pomocą wosku.



Rys. 3. Sposób mocowania przetwornika drgań A3R do przetwornika kontrolnego: a – dla osi *X*, b – dla osi *Y* i *Z*; 1 – przetwornik drgań, 2 – cienka warstwa wosku, 3 – element pośredniczący (GIG), 4 – element pośredniczący (typ DB 2970, Brüel & Kjær), 5 – wkręt stalowy

Fig. 3. Method of fastening of the A3R vibration transducer to the control transducer: a – for *X* axis, b – for *Y*, *Z* axes; 1 – vibration transducer, 2 – thin wax layer, 3 – intermediate element (GIG), 4 – intermediate element (type DB 2970, Brüel & Kjær), 5 – steel bolt

4.2. Parametry metrologiczne przetwornika A3R

a. CZUŁOŚĆ ZNAMIONOWA

Czułość znamionową wyznaczono dla sygnału znamionowego o parametrach: $f = 80$ Hz, $a = 10\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$

$$S_z^X = 1{,}68 \pm 0{,}03\ \mathrm{pC\cdot m^{-1}\cdot s^2}$$
$$S_z^Y = 1{,}71 \pm 0{,}03\ \mathrm{pC\cdot m^{-1}\cdot s^2}$$
$$S_z^Z = 1{,}67 \pm 0{,}03\ \mathrm{pC\cdot m^{-1}\cdot s^2}$$

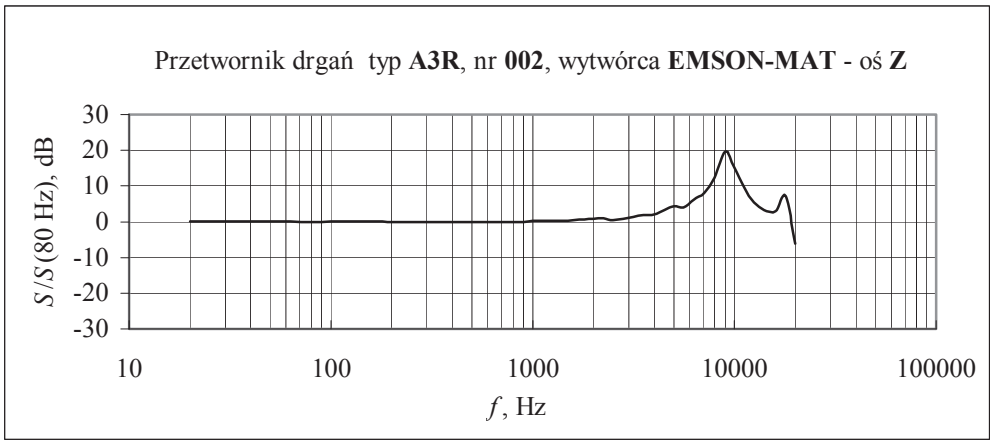
Niepewność pomiaru została określona zgodnie z dokumentem EA-04/02. Podana wartość niepewności stanowi niepewność rozszerzoną, przy poziomie ufności 95% i współczynniku rozszerzenia $k = 2$.

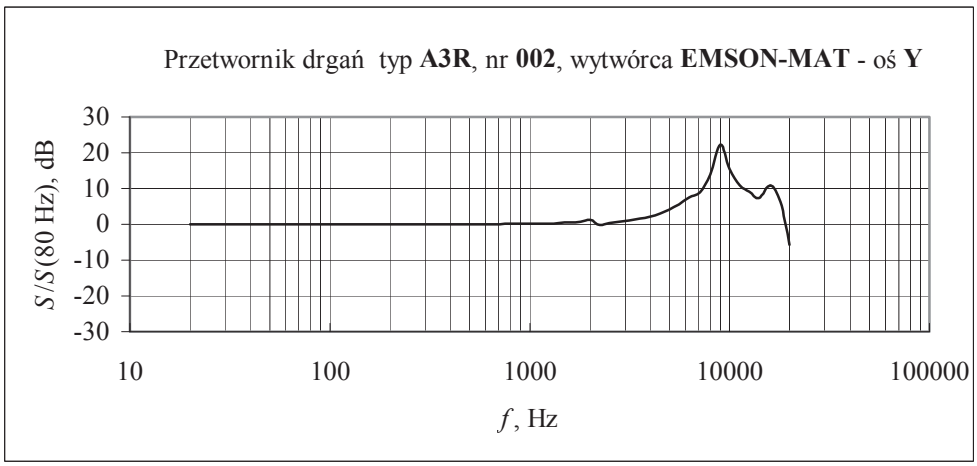
b. CHARAKTERYSTYKI PRZETWARZANIA

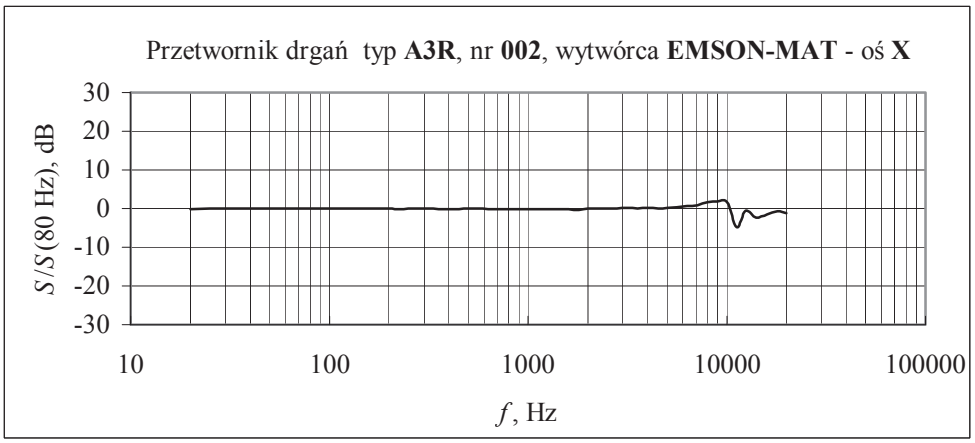
Częstotliwość $f = 80$ Hz

a	oś X		oś Y		oś Z	
	S^X	B^X	S^Y	B^Y	S^Z	B^Z
$\mathrm{m\cdot s^{-2}}$	$\mathrm{pC\cdot m^{-1}\cdot s^2}$	%	$\mathrm{pC\cdot m^{-1}\cdot s^2}$	%	$\mathrm{PC\cdot m^{-1}\cdot s^2}$	%
2	1,675	0	1,714	0	1,673	0
5	1,674	–0,06	1,713	–0,06	1,673	0
10	1,675	0	1,714	0	1,673	0
20	1,674	–0,06	1,711	–0,18	1,670	–0,18
50	1,674	–0,06	1,711	–0,18	1,670	–0,18
100	1,674	–0,06	1,710	–0,23	1,669	–0,24

c. CHARAKTERYSTYKI CZĘSTOTLIWOŚCIOWE







d. WZGLĘDNA CZUŁOŚĆ POPRZECZNA

Pomiary względnej czułości poprzecznej dla ustalonej osi, wykonuje się po zamocowaniu przetwornika badanego w taki sposób, aby kierunek nominalnego wektora czułości był prostopadły do kierunku drgań wzbudnika. Pomiary należy wykonać dla kolejnych położeń przetwornika (co 45º lub mniej), w wyniku jego obrotu wokół osi pokrywającej się z kierunkiem nominalnego wektora czułości.

Z uwagi na trudności związane z mocowaniem przetwornika we wszystkich wymaganych położeniach, pomiary przeprowadzono w ograniczonym zakresie, dla kierunków prostopadłych do ustalonego kierunku nominalnego wektora czułości, pokrywających się z kierunkami nominalnych wektorów czułości dla pozostałych osi. Względną czułość poprzeczną wyznaczono dla sygnału znamionowego o parametrach $f = 80$ Hz, $a = 10$ m·s^{-2}.

Kierunek nominalnego wektora czułości	**Kierunek drgań wzbudnika**		
	X	***Y***	***Z***
X	–	2,4%	2,3%
Y	3,8%	–	6,3%
Z	1,7%	2,2%	–

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Stwierdzono, że badany przetwornik ma zbliżone wartości czułości w poszczególnych osiach (rozrzut ok. 2,3%) oraz bardzo małe błędy charakterystyk przetwarzania. Przebieg charakterystyk częstotliwościowych dla osi *Y* i *Z* jest podobny – częstotliwości rezonansu mechanicznego są zbliżone i wynoszą około 9 kHz. Dla osi *X* charakterystyka częstotliwościowa jest płaska do około 7 kHz i nie wykazuje wyraźnego rezonansu w całym mierzonym paśmie (do 20 kHz). Użyteczny zakres częstotliwości pracy przetwornika wynosi około 3 kHz i jest znacznie większy niż wymagany zakres częstotliwości dla badań drgań na stanowiskach pracy.

Prototypowy przetwornik drgań A3R spełnia wymagania metrologiczne ustalone w przepisach metrologicznych o piezoelektrycznych użytkowych przetwornikach drgań [16]. Aby jednak mógł być wykorzystywany do pomiarów drgań na stanowiskach pracy jako legalne narzędzie metrologiczne, musi uzyskać zatwierdzenie typu przez Główny Urząd Miar. Inicjatywa wystąpienia z wnioskiem o zatwierdzenie typu należy do producenta przetwornika. Trzeba zaznaczyć, że wyniki dotychczasowych badań nie gwarantują pomyślnego przebiegu procesu zatwierdzenia typu z uwagi na obszerniejszy zakres wymaganych badań, niemniej rokują uzyskanie takiego zatwierdzenia.

Pozytywne wyniki pozwalają na kontynuację badań porównawczych dwóch sposobów lokalizacji miejsca pomiaru drgań – dotychczas stosowanego w praktyce, obok rąk pracownika oraz nowego, w miejscu kontaktu rąk pracownika z drgającą powierzchnią, w warunkach symulujących pomiary na stanowisku pracy, na którym

drgania są przenoszone do organizmu człowieka przez kończyny górne. W badaniach tych zostanie wykorzystane, unikalne w skali kraju, stanowisko ze stołem wibracyjnym typu 4803 firmy Brüel & Kjær. W opinii autorów, zakończenie tych badań, uzupełnionych badaniami w warunkach rzeczywistych, będzie skutkowało opracowaniem metody badań drgań przenoszonych do rąk, wykonywanych w warunkach przemysłowych, z wykorzystaniem przetwornika A3R, w celu oceny narażenia człowieka na ten rodzaj oddziaływania.

Literatura

1. Analiza struktury i zapadalności na choroby zawodowe pracowników gospodarki narodowej w Polsce w 1998 roku. Łódź, IMP 1999.
2. Analiza struktury i zapadalności na choroby zawodowe pracowników gospodarki narodowej w Polsce w 1999 roku. Łódź, IMP 2000.
3. Analiza struktury i zapadalności na choroby zawodowe pracowników gospodarki narodowej w Polsce w 2000 roku. Łódź, IMP 2001.
4. Analiza struktury i zapadalności na choroby zawodowe pracowników gospodarki narodowej w Polsce w 2001 roku. Łódź, IMP 2002.
5. Bradbury G., Saller E.: *New Sensor Mounting Technique for Machinery Vibration Monitoring*. Sound and Vibration. Feb. 1997.
6. Koton J., Szopa J.: *Drgania mechaniczne. Procedura badania drgań na stanowiskach pracy.* Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, R. XVII. Warszawa, CIOP 2001, s. 213-233.
7. Mrukwa W., Świder J., Staniek A.: *Ocena możliwości pomiaru drgań w miejscu kontaktu ręki z ich źródłem.* Prace Naukowe GIG, Seria: Górnictwo i Środowisko 2002 nr 1, s. 91-102.
8. Norma EN-ISO 5349-1:2001 Mechanical vibration-measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General guidelines.
9. Norma EN-ISO 5349-2:2001 Mechanical vibration-measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 2: Practical guidance for measurement in the workplaces.
10. Norma ISO 5348:1987 Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers.
11. *Piezoelectric Accelerometers and Vibration Preamplifiers. Theory and Application Handbook*. Bruel and Kjaer 1986.
12. Praca zbiorowa: *Ocena możliwości pomiarów drgań przenoszonych do rąk w miejscu ich kontaktu z urządzeniem.* Pod kier. W. Mrukwy. Prace statutowe GIG, Katowice 2001 (niepublikowana, dostępna w archiwum GIG).
13. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 9 lipca 1996 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz.U. nr 86, poz. 394.
14. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 lipca 2002 r. w sprawie wykazu chorób zawodowych, szczegółowych zasad postępowania w sprawach zgłaszania, podejmowania, rozpoznawania i stwierdzania chorób zawodowych oraz podmiotów właściwych w tych sprawach, Dz.U. nr 132, poz. 1115.
15. Rozporządzenie Ministra Zdrowia a dnia 20 grudnia 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz.U. z 2003 r. nr 21, poz. 180.

16. Zarządzenie Nr 73 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 8 czerwca 1995 r. w sprawie wprowadzenia przepisów metrologicznych o piezoelektrycznych użytkowych przetwornikach drgań i elektrodynamicznych użytkowych przetwornikach drgań o masie do 300 g, Dz. Urzęd. Miar i Prob., nr 14, poz. 78.
17. Zarządzenie nr 74 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 8 czerwca 1995 r. w sprawie wprowadzenia instrukcji sprawdzania piezoelektrycznych użytkowych przetworników drgań i elektrodynamicznych użytkowych przetworników drgań o masie do 300 g, Dz. Urzęd. Miar i Prob., nr 14, poz. 79.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Adam Lipowczan