

Jacek ZAJĄCCENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
00-701 Warszawa, ul. Czerniakowska 16**Badania skuteczności rękawic antywibracyjnych z uwzględnieniem niepewności pomiarów w warunkach laboratoryjnych i terenowych**

Mgr inż. Jacek ZAJĄC

Asystent w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym. Pracuje w Pracowni Drgań Mechanicznych Zakładu Zagrożeń Wibroakustycznych. Pracownia ta zajmuje się rozpoznaniem, analizą i oceną zagrożeń drganiami mechanicznymi występującymi w środowisku pracy. W ramach prac prowadzonych przez pracownię doskonalone są metody pomiaru i oceny drgań mechanicznych jak również prowadzone są prace normalizacyjne nad projektami norm.



e-mail: jajazaj@ciop.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów skuteczności wybranych rękawic antywibracyjnych. Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych oraz terenowych, podczas których, jako sygnały testowe, wykorzystano drgania rękojeści wybranych narzędzi. Oszacowano niepewności pomiarów dla wszystkich współczynników przenoszenia drgań wyznaczanych podczas badań. Obliczono odchylenia standardowe oraz niepewności złożone i rozszerzone, na podstawie których wskazano możliwe przyczyny różnic wyników laboratoryjnych i uzyskanych w warunkach terenowych.

Słowa kluczowe: drgania mechaniczne, rękawice antywibracyjne, przeniesienie drgań, niepewność pomiaru, narzędzia ręczne.

Testing the effectiveness of anti-vibration gloves in the laboratory and in the field**Abstract**

In this paper the results of laboratory tests of effectiveness of anti-vibration (AV) gloves with the results of tests carried out in the field by a new method were compared. According to the test method for AV gloves in standard [5], two coefficients are determined, the mean corrected transmissibilities \overline{TR}_M and \overline{TR}_H . The field test method of determining in real conditions whether AV gloves effectively reduces vibration, and uses real vibration signals of handles of selected tools as test signals instead of Butterworth characteristics. In the proposed method, vibration accelerations were measured in three directions using adaptor on a gloved operator's palm (Chapter 4, Fig. 4.). The tests produced total corrected coefficient of vibration transmission T_{WT} . To test the four types of gloves, 10 tools/devices (13 handles) representing different types of hand tools were used as sources of vibration (Chapter 4). To estimate the uncertainty of measurement two evaluations were used: 'Type A' – uncertainty estimates using statistics, and 'Type B' – uncertainty estimates from any other information (Chapter 5, [1-3]). Standard deviation and expanded uncertainty were evaluated (Chapter 5, Tab. 2, Fig. 5.). As possible reasons for differences in results obtained in laboratory and field test method, there are indicated variable environmental conditions, method of handling tools, the construction of the glove and the difficulty in analyzing conditions.

Keywords: hand-arm vibration, anti-vibration gloves, transmissibility, uncertainty of measurement, hand tools.

1. Wstęp

Niepewność pomiaru jest parametrem związanym z wynikiem pomiaru, charakteryzującym rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej. Składniki niepewności można zgrupować w dwie kategorie, zgodnie ze sposobem obliczania ich wartości liczbowych:

- obliczone metodami statystycznymi;
- obliczone innymi metodami [1-4].

Podczas laboratoryjnych badań skuteczności ochrony przed drganiami rękawic antywibracyjnych (zgodnie z normą PN-EN

ISO 10819) akceptowalne zakresy niepewności pomiarów są z góry określone i test można uznać za prawidłowy, jeżeli wskazane wielkości mieszczą się w danym przedziale. Norma ta zakłada, że pomiar współczynnika przenoszenia drgań przez rękawice metodą laboratoryjną przeprowadzany jest w warunkach symulujących rzeczywiste sygnały drgań na stanowiskach pracy [5]. Wcześniejsze badania terenowe prowadzone przez CIOP – PIB wykazały, że informacje uzyskane na podstawie badań metodą znormalizowaną nie gwarantują właściwego doboru rękawic do warunków występujących podczas pracy określonym narzędziem [6]. Ze względu na dużo większą liczbę zmieniających się parametrów podczas badań terenowych, można było przypuszczać, że niepewność tych pomiarów będzie większa. Jest to jedną z przyczyn rozbieżności między wynikami laboratoryjnymi a uzyskanymi w warunkach rzeczywistych.

W artykule porównano wyznaczone wartości niepewności pomiarów przenoszenia drgań podczas badań laboratoryjnych i w warunkach terenowych.

2. Obiekty badań

Ocenę niepewności pomiarów przeprowadzono dla 4 typów wybranych rękawic antywibracyjnych. Wszystkie rękawice posiadają deklarację zgodności wyrobu z wymaganiami właściwych dyrektyw Unii Europejskiej CE. Sposób ich oznaczeń przedstawiono na rys. 1. [7].



Rys. 1. Rękawice antywibracyjne wybrane do badań
Fig. 1. Anti-vibration gloves selected for tests

Skórzana Rękawica 1 wyposażona jest w specjalną pompkę powietrza z zaworem. Rękawica ta pełni funkcję tłumiącą drgania po napompowaniu pęcherzykami powietrza.

Rękawica 2 wykonana jest ze skóry bydlęcej z licem naturalnym, z wkładem tłumiąco - wibroizolującym, na podszwecze działaninowej.

Rękawica 3 od wewnętrznej strony dłoni oraz na palcach wyłożona jest elastyczną wkładką amortyzującą; zewnętrzna część wykonana z tkaniny powlekanej nitylem.

Wewnątrz Rękawicy 4 znajduje się wkładka z polimeru wiskoelastycznego; całość obszyta materiałem z polibawełnianej lycry.

3. Badania laboratoryjne

Zgodnie z metodyką podaną w normie PN-EN ISO 10819 dla rękawic proponowanych do ochrony przed drganiami wyznaczane są dwa charakteryzujące je współczynniki liczbowe - średnie skorygowane współczynniki przenoszenia: \overline{TR}_M i \overline{TR}_H . Są one wyznaczane podczas symulacji drgań dwoma specjalnie ukształtowanymi testowymi sygnałami drganiowymi: M, obejmującym drgania z zakresu częstotliwości 32-200 Hz (\overline{TR}_M) i H, obejmującym drgania z zakresu częstotliwości 200-1250 Hz (\overline{TR}_H). Oblicza się je na podstawie wyników pomiarów przyspieszenia drgań na rękojeści testowej i na dłoni operatora wykorzystując następujące zależności:

- skorygowane współczynniki przenoszenia drgań układu rękojeść-ręka bez rękawicy:

$$TR_{sb} = \frac{a_{wsPb}}{a_{wsRb}}, \quad (1)$$

gdzie:

a_{ws} - skorygowana częstotliwościowo (filtr H-A) wartość skuteczna przyspieszenia wyznaczona dla drganiowego sygnału testowego o widmie s ($s=M$ lub H)

P - indeks stosowany do oznaczania pomiarów wykonanych na dłoni

R - indeks stosowany do oznaczania pomiarów wykonanych

w punkcie odniesienia, tj. na rękojeści testowej

b - indeks stosowany do oznaczania pomiarów wykonanych bez rękawicy.

- skorygowane współczynniki przenoszenia drgań układu rękojeść-ręka w rękawicy

$$TR_{sg} = \frac{a_{wsPg}}{a_{wsRg}}, \quad (2)$$

gdzie:

g - indeks stosowany do oznaczania pomiarów wykonanych z rękawicą.

- skorygowane współczynniki przenoszenia drgań dla rękawic:

$$TR_s = \frac{TR_{sg}}{TR_{sb}}, \quad (3)$$

- średnie skorygowane współczynniki przenoszenia drgań przez rękawice:

$$\overline{TR}_s = \frac{1}{6} \sum_{k=1}^6 TR_{ks}, \quad (4)$$

gdzie: $k=1, 2, \dots, 6$ (2 pomiary x 3 rękawice).

Rękawice są uznawane za antywibracyjne jeśli spełniają oba warunki: $\overline{TR}_M < 1$ i $\overline{TR}_H < 0,6$. Wartości średnich skorygowanych współczynników przenoszenia drgań \overline{TR}_M i \overline{TR}_H dla badanych obiektów przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Średnie wartości współczynników przenoszenia drgań \overline{TR}_M , \overline{TR}_H dla badanych rękawic

Tab. 1. Mean values of vibration transmissibility coefficients \overline{TR}_M , \overline{TR}_H for tested gloves

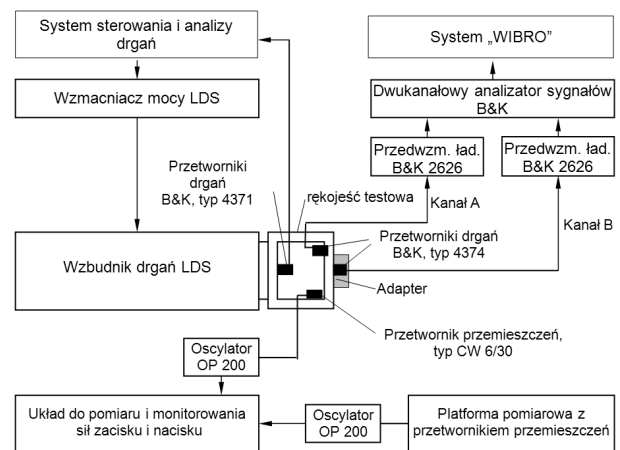
	\overline{TR}_M	\overline{TR}_H
Rękawica 1	0,76	0,57
Rękawica 2	0,81	0,54
Rękawica 3	0,88	0,73
Rękawica 4	0,93	1,02

3.1. Aparatura badawcza, układ pomiarowy

Do badań wykorzystano następujące przyrządy:

- wzбудnik drgań LDS typ V 721,
- wzmacniacz mocy LDS typ PA 2000,
- system sterowania i analizy drgań M+P International VibPilot,
- system „WIBRO”,

- dwukanałowy analizator sygnałów B&K typ 2034,
 - 2 przedwzmacniacze B&K typ 2626,
 - przetwornik drgań B&K typ 4371,
 - przetwornik drgań B&K typ 4374,
 - adapter,
 - rękojeść testowa,
 - przetwornik przemieszczeń typ CW 6/30,
 - układ do pomiaru i monitorowania sił zacisku i nacisku typ MSZN-1,
 - oscylator OP 200,
 - platforma pomiarowa z przetwornikiem przemieszczeń typ CW 18/80.
- Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Schemat układu do pomiaru przenoszenia drgań
Fig. 2. Diagram of measuring vibration transmissibility

Badania zostały wykonane w dwóch seriach, podczas których rękojeść testowa pobudzana była do drgań kolejno sygnałem M i H. Przyspieszenia drgań w kierunku pobudzenia (jeden kierunek pomiarowy) mierzono jednocześnie na rękojeści testowej (punkt odniesienia) i na dłoni operatora przy użyciu adaptera. Przed testowaniem rękawic, dla każdego z 3 operatorów biorących udział w testach, wykonywano pomiary przenoszenia drgań układu rękojeść-ręka operatora bez rękawicy. Testowaniu podlegały trzy egzemplarze rękawic jednego typu, przy czym każdy z nich testowany był przez innego operatora dwukrotnie. Pomiary prowadzono przy stałych wartościach sił: (50 ± 8) N dla siły nacisku, (30 ± 5) N dla siły zacisku w temperaturze powietrza zakres (22 – 24)°C.

4. Badania w warunkach rzeczywistych

Terenowa metoda badania skuteczności redukcji drgań przez rękawice antywibracyjne w warunkach rzeczywistych polega na wykorzystaniu sygnałów drgań rękojeści wybranych narzędzi zamiast sygnałów testowych. Pomiary przyspieszeń drgań prowadzone są we wszystkich trzech kierunkach układu współrzędnych (X, Y, Z). Rejestrowanych jest jednocześnie 6 sygnałów drganiowych (3 sygnały na rękojeści rzeczywistego narzędzia i 3 sygnały na dłoni operatora w rękawicy). Przenoszenie drgań przez rękawice wyznaczane jest także w trzech kierunkach pomiarowych. Przetworniki drgań na rękojeściach narzędzi i w adapterze do pomiarów na dłoni operatora umieszczane są w taki sposób, aby były zgodne ich odpowiednie kierunki pomiarowe. W czasie badań, operator danego narzędzia wykonuje nim typowe czynności; wywierane przez niego siły na rękojeść nie są kontrolowane, a jedynie rejestrowane. Ma to na celu eliminację zakłóceń rzeczywistych warunków sztucznym utrzymywaniem stałej wartości siły. W zależności od sposobu pracy narzędziem rejestrowana jest pionowa lub pozioma siła nacisku wywierana przez operatora na rękojeść narzędzia. Podobnie jak w metodzie podanej w PN-EN ISO

10819 w badaniach bierze udział 3 operatorów, jednak liczba powtórzeń poszczególnych pomiarów została zwiększona do 10 [6].

Wynikiem badań są charakterystyki częstotliwościowe badanych sygnałów oraz wartości całkowite skorygowanego (filtr H-A) współczynnika przenoszenia drgań T_{WVt} :

$$T_{WVt} = \frac{a_{WhVt}}{a_{WsVt}}, \quad (5)$$

gdzie:

a_{WhVt} - całkowita skuteczna wartość sumy wektorowej skorygowanego przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej

$$a_{WhVt} = \sqrt{a_{WhXt}^2 + a_{WhYt}^2 + a_{WhZt}^2} \quad (6)$$

a_{WsVt} - całkowita skuteczna wartość sumy wektorowej skorygowanego przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia

$$a_{WsVt} = \sqrt{a_{WsXt}^2 + a_{WsYt}^2 + a_{WsZt}^2} \quad (7)$$

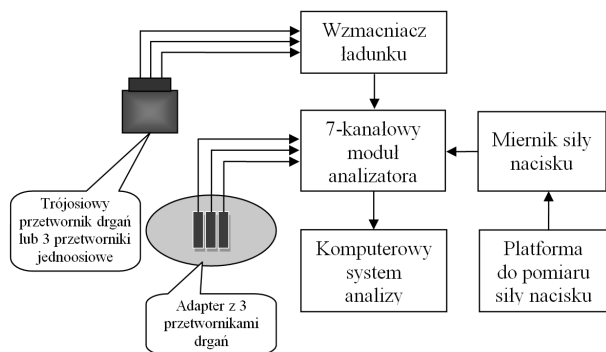
4.1. Aparatura badawcza, układ pomiarowy

Podczas badań terenowych korzystano z układu pomiarowego, w skład którego wchodziły następujące przyrządy:

- trójosiowy przetwornik drgań firmy Brüel & Kjær, typ 4504A,
- 3 przetworniki drgań firmy Brüel & Kjær, typ 8309,
- 3 przetworniki drgań firmy Brüel & Kjær, typ 4517,
- 3 przetworniki drgań firmy Dytran, typ 3224A2,
- przedwzmacniacz ładunku firmy Brüel & Kjær, Nexus,
- system multianalizatora firmy Brüel & Kjær, Pulse.

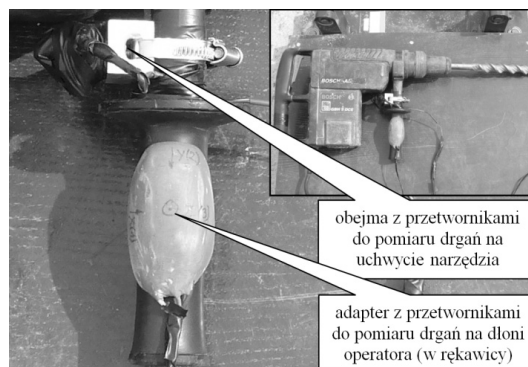
Tory pomiarowe wzorcowano przy pomocy kalibratora firmy Brüel & Kjær, typ 4294.

Do zapisu i analizy sygnałów drganiowych wykorzystywano dwa alternatywne układy pomiarowe: do pomiaru drgań impulsowych o dużych wartościach szczytowych przyspieszeń drgań (młot udarowo – obrotowy), oraz do pomiaru drgań o łagodniejszym przebiegu i mniejszych wartościach przyspieszenia. Działanie obu układów oparte jest na bezpośredniej (lub przez przedwzmacniacz) współpracy piezoelektrycznych przetworników z systemem analizy PULSE. Schemat jednego z nich przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Schemat układu do pomiaru przenoszenia drgań
Fig. 3. Diagram of vibration transmissibility measurement

Do zapisu i analizy sygnałów drganiowych oraz sygnału siły nacisku zastosowano system analizy PULSE. Przetworniki drgań mocowano za pomocą obejm pomiarowych pozwalających na pewny i powtarzalny montaż. Pomiary drgań na dłoni operatora wykonywano przy pomocy adaptera, w którym umieszczono trzy miniaturowe piezoelektryczne przetworniki drgań (rys. 4.) [6].



Rys. 4. Sposób zamocowania i lokalizacja przetworników drgań na przykładowej rękojeści narzędzia i w adapterze pomiarowym

Fig. 4. Mounting and location of accelerometers on a tool handle and in the measurement adaptor

Analizy sygnałów przyspieszeń drgań przeprowadzane były w zakresie częstotliwości od 1 Hz do 1600 Hz (z rozdzielczością 1,0 Hz). Zakres mierzonych sił wynosił (0 – 200) N (z rozdzielczością 0,1 N).

Do testowania 4 wybranych typów rękawic, jako źródła drgań wykorzystano 10 narzędzi/urządzeń (13 rękojeści) reprezentujących różne rodzaje narzędzi ręcznych. Na przygotowanym dla każdego narzędzia stanowisku pracy wykonywano:

- wiertarką udarową (N1) – wiercenie wiertłem $\phi 8$ w płycie zbrojonej,
- szlifierką kątową (N2) - uchwyt przedni u. p. i uchwyt tylni u. t.) – szlifowanie powierzchni stalowej,
- kluczem udarowym (N3) – dokręcanie nakrętki M10,
- młotkiem pneumatycznym (N4) – ugniatanie uszczelnienia ołowiano-cynowego,
- spalinową piłą łańcuchową (N5) - uchwyt przedni u. p. i uchwyt tylni u. t.) – cięcie drewnianych belek o przekroju kwadratowym 160×160 mm,
- ręcznym młotem hydraulicznym (N6) – rozbijanie zbrojonej płyty betonowej,
- ubijakiem stopowym (N7) – ubijanie podłoża zwirowego,
- młotem udarowo – obrotowym (N8) - uchwyt przedni u. p. i uchwyt tylni u. t.) – wiercenie wiertłem $\phi 30$ w bloku betonowym,
- gwoździarką pneumatyczną (N9) – wbijanie gwoździ $\phi 1$, o długości 30mm w płytę paździerzową,
- szlifierką stołową (pierwotne źródło drgań, N 10) – szlifowanie stalowego pręta.

Badania z wykorzystaniem wiertarki udarowej, szlifierki kątowej, klucza udarowego, młotka pneumatycznego, gwoździarki pneumatycznej i szlifierki stołowej przeprowadzono w pomieszczeniach zamkniętych, przy temperaturze powietrza około 20°C. Pomiary drgań podczas pracy spalinową piłą łańcuchową, ręcznym młotem hydraulicznym, ubijakiem stopowym oraz młotem udarowo-obrotowym wykonano w warunkach terenowych, przy temperaturach powietrza z zakresu (2 ÷ 13)°C.

5. Niepewność pomiarów skuteczności rękawic antywibracyjnych

Miarą niepewności pomiarowej jest niepewność standardowa (wyrażona w formie odchylenia standardowego lub estymaty tego odchylenia), która jest szacowana na 2 sposoby: metodą typu A wykorzystującą analizę statystyczną serii pomiarów oraz metodą typu B polegającą na obliczaniu niepewności sposobami innymi niż analiza serii obserwacji [1-3].

Niepewność pomiarową wyznacza się w sposób zależny od wybranej strategii pomiarowej. Jej głównymi źródłami mogą być: zmienne warunki pracy i sposób wykonywania danego zadania przez osobę obsługującą narzędzie, niepewność próbkowania,

przyrządy pomiarowe i kalibracja, niepożądane sygnały, niedokładna analiza warunków pracy [8].

W przypadku zarówno badań laboratoryjnych jak i terenowych uwzględniono cztery główne źródła niepewności: dokładność kalibracji $\delta\alpha_{kal}$, systemu pomiarowego (moduł, miernik, przetwornik) $\delta\alpha_{sp}$, dokładność przetworników piezoelektrycznych w funkcji zakresu przyspieszenia i częstotliwości drgań $\delta\alpha_{paf}$ oraz powtarzalność pomiarów $\delta\alpha_{pp}$. Powtarzalność pomiarów określa wpływ na wyniki zjawisk przypadkowych, np. zmiany w położeniu ręki, adaptera, mocowanie przetworników w adapterze, siły nacisku i zacisku, zmiany w sposobach pracy operatora.

Model matematyczny wyznaczania niepewności przyspieszeń drgań na rękocyści oraz dłoni operatora z rękawicą i bez rękawicy antywibracyjnej przedstawiono we wzorze (8). Wielkościami wejściowymi są przyspieszenia drgań, zaś wyjściowymi współczynniki przenoszenia drgań. Przy wyznaczaniu niepewności przyjęto założenie o jednostajnym rozkładzie prawdopodobieństwa, dla którego gęstość prawdopodobieństwa w przedziale od a do b jest stała i różna od zera, a poza nim równa zeru [1].

$$u(a_{b,g,P,R}) = \sqrt{u^2(\delta\alpha_{kal}) + u^2(\delta\alpha_{sp}) + u^2(\delta\alpha_{paf}) + u^2(\delta\alpha_{pp})}, \quad (8)$$

gdzie:

$$u(\delta\alpha_{kal}) = \frac{\Delta_{res}}{2 \cdot \sqrt{3}}, \quad \Delta_{res} - \text{wartość jednostki ostatniej cyfry urządzenia wskazującego (0,0001)}$$

$$u(\delta\alpha_{sp}) = \frac{0,009}{\sqrt{3}}$$

$$u(\delta\alpha_{paf}) = \frac{0,01}{\sqrt{3}}$$

$$u(\delta\alpha_{pp}) = \frac{0,01}{\sqrt{3}} - \text{dla sygnału M}$$

$$u(\delta\alpha_{pp}) = \frac{0,02}{\sqrt{3}} - \text{dla sygnału H}$$

Złożoną niepewność standardową $u(\overline{TR_s})$ średnich skorygowanych współczynników przenoszenia drgań przez rękawice wyznaczono ze wzoru:

$$u(\overline{TR_s}) = \sqrt{u^2(TR_{sb}) + u^2(TR_{sg})} = \sqrt{u^2(a_{b,g,P,R}) + u^2(a_{b,g,P,R})} \quad (9)$$

W warunkach terenowych model matematyczny wyznaczania niepewności przyspieszeń drgań na rękocyści oraz dłoni operatora z rękawicą antywibracyjną jest taki sam w trzech kierunkach pomiarowych i opisany jak we wzorze (8), przy czym:

$$u(\delta\alpha_{sp}) = \frac{0,01}{\sqrt{3}}$$

$$u(\delta\alpha_{paf}) = \frac{0,01}{\sqrt{3}}$$

$$u(\delta\alpha_{pp}) = \frac{0,05}{\sqrt{3}}$$

Złożoną niepewność dla „terenowego” współczynnika przenoszenia drgań wyznaczono z zależności:

$$u(T_{WVt}) = \sqrt{u^2(a_{WVt}) + u^2(a_{W3Vt})} = \sqrt{u^2(a_{b,g,P,R}) + u^2(a_{b,g,P,R})} \quad (10)$$

W warunkach terenowych dla każdej wartości całkowitego skorygowanego współczynnika przenoszenia drgań T_{WVt} , na podstawie trzydziestu (10 dla każdego operatora) wartości, wyznaczono odchylenia standardowe σ dla każdego narzędzia.

Niepewności rozszerzone $U(\overline{TR_s})$ oraz $U(T_{WVt})$ obliczono przy poziomie ufności około 95% i współczynniku rozszerzenia $k = 2$.

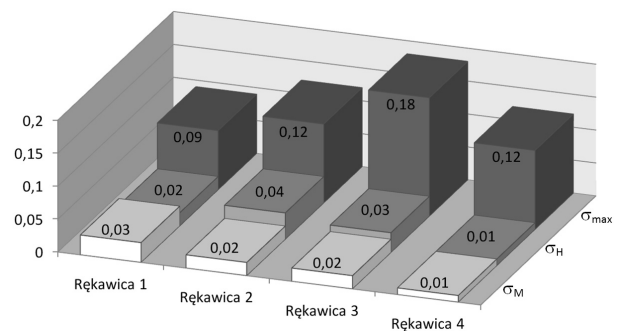
Uzyskane wyniki dla przykładowej rękawicy 1 przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Średnie wartości współczynników przenoszenia drgań $\overline{TR_M}$, $\overline{TR_H}$, T_{WVt} oraz ich odchylenia standardowe i niepewności rozszerzone dla rękawicy 1

Tab. 2. Mean values of vibration transmissibility coefficients $\overline{TR_M}$, $\overline{TR_H}$, T_{WVt} and uncertainty of measurement for type 1 gloves

Rękawica 1											
metoda laboratoryjna					metoda terenowa						
$\overline{TR_M}$	σ_M	$U(\overline{TR_M})$	$\overline{TR_H}$	σ_H	$U(\overline{TR_H})$	narzędzie	T_{WVt}	σ	$U(T_{WVt})$		
0,76	0,03	0,05	0,57	0,02	0,06	N1	0,47	0,02	0,08		
						N2	u.	1,21		0,07	
							u. t.	0,46		0,06	
						N3		0,41		0,06	
						N4		0,61		0,07	
						N5	u.	0,67		0,08	
							u. t.	0,59		0,03	
						N6		0,73		0,07	
						N7		1,03		0,08	
						N8	u.	0,74		0,09	
u. t.	0,61	0,07									
N9		1,02	0,04								
N10		0,64	0,04								

Na rysunku 5 przedstawiono maksymalne wartości odchylenia standardowego σ_{max} wyznaczone dla wszystkich narzędzi, poszczególnych rękawic i współczynnika przenoszenia drgań wyznaczonych na podstawie badań terenowych (T_{WVt}) oraz wartości odchylenia standardowego wyznaczone podczas badań laboratoryjnych dla sygnałów testowych M i H (σ_M i σ_H).



Rys. 5. Maksymalne odchylenie standardowe dla całkowitego współczynnika przenoszenia drgań T_{WVt} i skorygowanych współczynników przenoszenia drgań przez rękawice $\overline{TR_M}$ i $\overline{TR_H}$

Fig. 5. Standard deviation for total coefficient of vibration transmission T_{WVt} and for mean corrected transmissibilities: $\overline{TR_M}$ and $\overline{TR_H}$

6. Wnioski

Wartości niepewności rozszerzonej współczynników przeniesienia drgań przez rękawice antywibracyjne uzyskane w warunkach terenowych ($U(T_{wv})$) są zbliżone do wartości niepewności współczynników przeniesienia drgań przez rękawice otrzymanych z badań laboratoryjnych ($U(TR_M)$ i $U(TR_H)$). Największa różnica między $U(T_{wv})$ a $U(TR_M)$ wynosi 0,03. $U(TR_H)$ stanowi 10%, zaś $U(T_{wv})$ - 13% wartości kryterialnej 0,6.

W wyniku terenowych badań przeniesienia drgań otrzymano wartości współczynnika T_{wv} o kilkakrotnie większym odchyleniu standardowym w porównaniu do wyników otrzymanych w czasie badań laboratoryjnych. Różnice zarówno w odchyleniach standardowych jak i wyznaczonych niepewnościach pomiarów są związane przede wszystkim ze zmiennymi, w poszczególnych dniach, warunkami otoczenia, z obsługą danego narzędzia przez trzech operatorów o różnej masie, wzroście i budowie ciała, a także z różnymi warunkami pracy przenośnego systemu pomiarowego.

W niektórych przypadkach, nawet gdy warunki pomiarów były stabilne, (np. dla gwoździarki pneumatycznej, której obsługa nie wymagała wywierania dużej siły na rękojeść) odnotowano stosunkowo duże wartości odchylenia standardowego. Prawdopodobnie jest to związane z impulsowym charakterem drgań wytwarzanych przez narzędzie jak również ze zjawiskami kontaktowymi powstającymi na styku adapter – dłoń. Na wartości wyznaczonych odchyleń standardowych powtarzalności wpływa także rodzaj konstrukcji rękawicy i związane z tym utrudnienia w precyzyjnym utrzymaniu prawidłowego położenia adaptera w rękawicy.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że przyjęta metodyka badań oraz wybrana liczba operatorów i pomiarów terenowych rękawic antywibracyjnych umożliwia otrzymanie wartości skuteczności rękawic o akceptowalnych zakresach niepewności, zbliżonych do niepewności uzyskanej w warunkach laboratoryjnych.

Publikacja przygotowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

7. Literatura

- [1] Guide to the Expression of Uncertainty In Measurement. International Organization for Standardization, 1995; Polish Edition: the Central Office of Measurements, 1999.
- [2] Wszolek G., Engel Z.: Investigations of Uncertainty of Acoustical Measuring Instruments Applied to Noise Control. Archives of Acoustics 29, 2, 283-295, 2004.
- [3] Arendarski J.: Niepewność pomiarów. Oficyna Wyd. PW, 2006.
- [4] Bell S.: Measurement Good Practice Guide No. 11 (Issue 2). A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement. National Physical Laboratory Teddington, Middlesex, United Kingdom, 2001.
- [5] PN-EN ISO 10819:2000 „Drgania i wstrząsy mechaniczne. Drgania oddziałujące na organizm człowieka przez kończyny górne. Metoda pomiaru i oceny współczynnika przeniesienia drgań przez rękawice na dłoń operatora”.
- [6] Kowalski P., Zajac J.: Ocena skuteczności rękawic antywibracyjnych w warunkach rzeczywistych, XXXVIII Szkoła Zimowa Zwalczania Zagrożeń Wibroakustycznych, Szczyrk, 2010.
- [7] Koton J., Kowalski P.: Dobór środków ochrony indywidualnej, Rozdz. Drgania mechaniczne, CIOP-PIB Warszawa, 2007.
- [8] Mikulski W., Kozłowski E., Krukowicz T., Radosz J.: Prewencja hałasu w środowisku pracy. Poradnik. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2009.

otrzymano / received: 15.09.2014

przyjęto do druku / accepted: 03.11.2014

artykuł recenzowany / revised paper

INFORMACJE

Newsletter PAK

Wydawnictwo PAK wysyła drogą e-mailową do osób zainteresowanych Newsletter PAK, w którym są zamieszczone:

- spis treści aktualnego numeru miesięcznika PAK,
- kalendarz imprez branżowych,
- ważniejsze informacje o działalności Wydawnictwa PAK.

Newsletter jest wysyłany co miesiąc do osób, które w jakikolwiek sposób współpracują z Wydawnictwem PAK (autorzy prac opublikowanych w miesięczniku PAK, recenzenci, członkowie Rady Programowej, osoby które zgłosiły chęć otrzymywania Newslettera).

Celem inicjatywy jest umocnienie w środowisku pozycji miesięcznika PAK jako ważnego i aktualnego źródła informacji naukowo-technicznej.

Do newslettera można zapisać się za pośrednictwem:

- strony internetowej: www.pak.info.pl, po dodaniu swojego adresu mailowego do subskrypcji,
- adresu mailowego: wydawnictwo@pak.info.pl, wysyłając swoje zgłoszenie.

Otrzymywanie Newslettera nie powoduje żadnych zobowiązań ze strony adresatów. W każdej chwili można zrezygnować z otrzymywania Newslettera.

Tadeusz SKUBIS
Redaktor naczelny Wydawnictwa PAK