

Piotr Kowalski
Jacek Zając

**Wymagania do prawidłowego doboru
rękawic antywibracyjnych
do narzędzi ręcznych**
Materiały informacyjne



Opracowane materiały są przeznaczone dla służb BHP oraz użytkowników rękawic antywibracyjnych do przeprowadzenia ich oceny i doboru do stanowisk pracy, na których występuje narażenie na drgania działające przez kończyny górne.

Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (II etap zadania nr 3.SP.05 pt. Opracowanie wymagań do prawidłowego doboru rękawic antywibracyjnych).

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autorzy

dr inż. Piotr Kowalski, dr inż. Jacek Zajęc – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Opracowanie redakcyjne
Monika Piech-Rzymowska

Projekt okładki
Jolanta Maj

Opracowanie graficzne
Anna Borkowska

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Oznaczenia użyte w tekście

- a_{hXt} – całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej zmierzona w kierunku X, m/s^2 ,
- a_{hYt} – całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej zmierzona w kierunku Y, m/s^2 ,
- a_{hZt} – całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej zmierzona w kierunku Z, m/s^2 ,
- a_{sXt} – całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia zmierzona w kierunku X, m/s^2 ,
- a_{sYt} – całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia zmierzona w kierunku Y, m/s^2 ,
- a_{sZt} – całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia zmierzona w kierunku Z, m/s^2 ,
- a_{WhXt} – skorygowana całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej zmierzona w kierunku X, m/s^2 ,
- a_{WhYt} – skorygowana całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej zmierzona w kierunku Y, m/s^2 ,
- a_{WhZt} – skorygowana całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej zmierzona w kierunku Z, m/s^2 ,
- a_{WsXt} – skorygowana całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia zmierzona w kierunku X, m/s^2 ,
- a_{WsYt} – skorygowana całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia zmierzona w kierunku Y, m/s^2 ,
- a_{WsZt} – skorygowana całkowita skuteczna wartość przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia zmierzona w kierunku Z, m/s^2 ,
- $\bar{T}_{[M]}$ – współczynnik przenoszenia drgań w zakresie częstotliwości pasm tercjowych Δf_M (25 – 200 Hz)
- $\bar{T}_{[H]}$ – współczynnik przenoszenia drgań w zakresie częstotliwości pasm tercjowych Δf_H (200 – 1250 Hz)

Wielkości skorygowane są otrzymywane po zastosowaniu charakterystyki korekcyjnej W_h (zgodnie z PN-EN ISO 8041)

Wstęp

Do wdrażania środków technicznych zmierzających do ograniczenia narażenia na drgania mechaniczne pracodawcy są zobowiązani przepisami prawnymi (m.in. dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2002/44/WE) [1, 9].

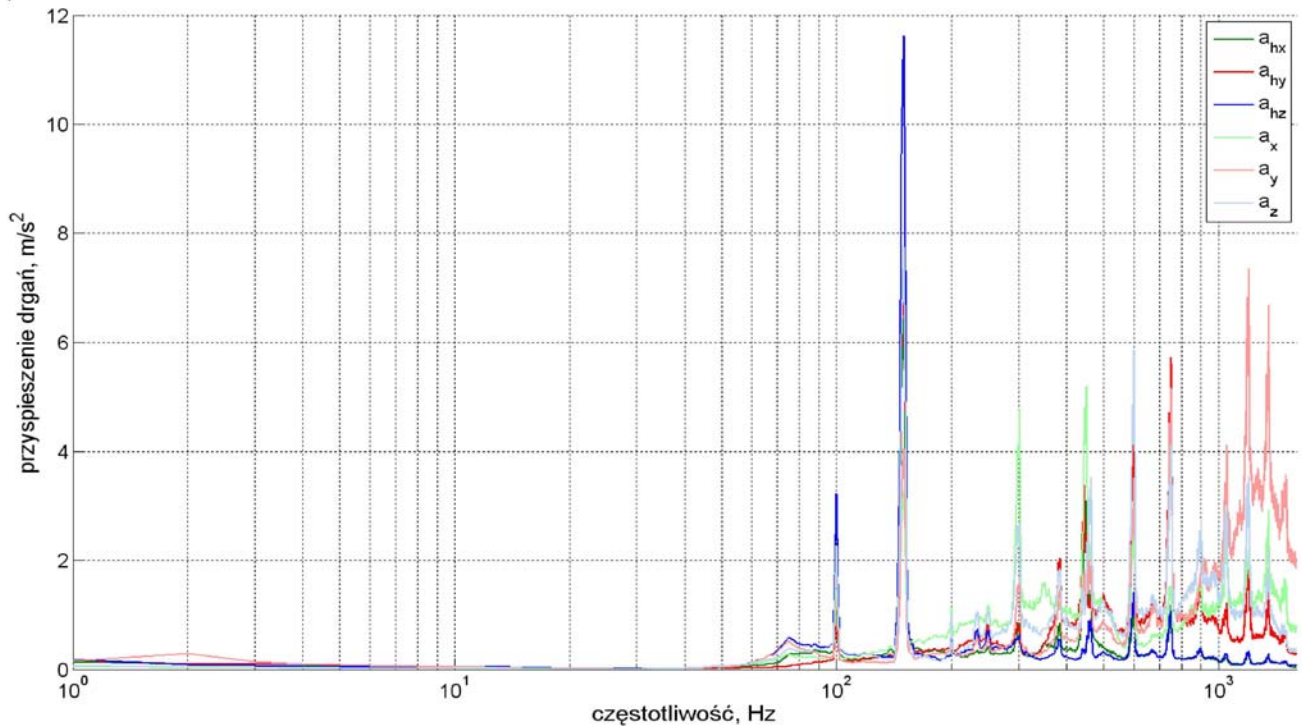
Aktualnie rękawice antywibracyjne są jedynym środkiem ochrony indywidualnej przed drganiami (miejscowymi) działającymi przez kończyny górne. Mimo że w zakładach pracy są powszechnie wykorzystywane, najczęściej nie są dobierane do warunków pracy. Parametry rękawic antywibracyjnych podawane przez producentów zgodnie z wymaganiami normy EN-ISO 10819 [8, 10] w postaci dwóch współczynników przenoszenia drgań – $\bar{T}_{[M]}$ i $\bar{T}_{[H]}$ są niewystarczające do przeprowadzenia doboru odpowiednich rękawic do rzeczywistych narzędzi [3, 5, 7]. Współczynniki $\bar{T}_{[M]}$ i $\bar{T}_{[H]}$ pozwalają na stwierdzenie, czy rękawica może zostać zakwalifikowana jako środek ochrony przed drganiami. Umożliwiają także porównanie certyfikowanych rękawic antywibracyjnych między sobą. Jednak często rękawica o wyższych wartościach tych współczynników (o gorszych właściwościach wg normy EN-ISO 10819) w warunkach użytkowania na rzeczywistym stanowisku pracy może okazać się lepsza od rękawicy o niższych wartościach współczynników $\bar{T}_{[M]}$ i $\bar{T}_{[H]}$ (o lepszych właściwościach wg normy EN-ISO 10819) [5], dlatego tak bardzo ważne jest wykorzystanie charakterystyk częstotliwościowych rękawic i źródeł drgań podczas ich doboru. Aktualnie w przedsiębiorstwach dobór rękawic antywibracyjnych jest przeprowadzany sporadycznie i w sposób bardzo orientacyjny [3] na podstawie porównywania współczynników $\bar{T}_{[M]}$ i $\bar{T}_{[H]}$; najczęściej jednak nie jest przeprowadzany w ogóle. Mimo że charakterystyki częstotliwościowe przenoszenia drgań są niezbędne do przeprowadzenia doboru rękawic antywibracyjnych do stanowiska pracy, są one najczęściej niedostępne dla użytkowników. Do doboru rękawic niezbędne są także charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe źródeł drgań – narzędzi ręcznych lub elementów sterujących maszyn i urządzeń. Proste wibrometry wykorzystywane do oceny drgań na stanowiskach pracy przez służby BHP nie umożliwiają pozyskania takich danych. Nowoczesne mierniki umożliwiają pomiary widma, jednak wykonuje się je rzadko, ponieważ zgodnie z obowiązującymi przepisami nie są one konieczne dla celów oceny narażenia na drgania pracownika. Przeprowadzenie pomiarów widm staje się konieczne, gdy należy zastosować dobór jakichkolwiek środków technicznych służących do redukcji drgań. Dobór rękawic antywibracyjnych do narzędzi w oparciu jedynie o współczynniki przenoszenia drgań $\bar{T}_{[M]}$ i $\bar{T}_{[H]}$ najczęściej jest nieprawidłowy, co powoduje nieświadome zwiększenie ryzyka

zawodowego (wzmacnianie drgań przez rękawice) zamiast jego obniżenia. Prawidłowy dobór rękawic antywibracyjnych do narzędzia wykorzystywanego podczas pracy w określonych warunkach jest niezbędny do uzyskania ochrony przed drganiami mechanicznymi działającymi przez kończyny górne w sytuacji, gdy inne metody techniczne nie mogą być zastosowane lub ich zastosowanie nie jest uzasadnione ekonomicznie [3, 5, 7].

Wielkości służące do oceny skuteczności redukcji drgań przez rękawice antywibracyjne – kryteria oceny

Przy opracowaniu wielkości służących do oceny skuteczności redukcji drgań przez rękawice antywibracyjne zostały wykorzystane wyniki badań realizowanych od wielu lat w CIOP-PIB, m.in. w ramach zadań – 3.SP.05/TSB *Opracowanie wymagań do prawidłowego doboru rękawic antywibracyjnych* (2020-2021) oraz 3.S.01 *Opracowanie kryteriów oceny skuteczności środków ochrony indywidualnej przed drganiami mechanicznymi dla różnych grup narzędzi ręcznych* (20082010).

Do doboru rękawic antywibracyjnych do narzędzia [3, 7] oraz oceny ich wpływu na zmniejszenie drgań przenoszonych do rąk operatora [2, 4, 5] konieczne jest pozyskanie dodatkowych danych, które nie są otrzymywane w wyniku standardowych pomiarów drgań na stanowiskach pracy [1]. Najprostszym sposobem uzyskania takich danych jest rejestracja sygnałów drganiowych i poddanie ich analizie, w której wyniku są otrzymywane charakterystyki częstotliwościowe badanych sygnałów oraz wyznaczane wielkości charakteryzujące drgania na rękojeści narzędzia i drgania na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej w danych warunkach pomiarowych. Podczas takich pomiarów na każdej z rękojeści narzędzia rejestrowanych jest 6 sygnałów drganiowych (wykres 1) – 3 bezpośrednio na rękojeści narzędzia (a_x , a_y , a_z) oraz 3 na dłoni operatora (a_{hx} , a_{hy} , a_{hz}) w badanej rękawicy antywibracyjnej.



Wykres 1. Przykładowe charakterystyki przyspieszeń drgań na rękojeści narzędzia i na dłoni operatora w rękawicy

Na podstawie tych sygnałów do oceny skuteczności ochrony rękawic antywibracyjnych przed drganiami na rękojeściach badanych narzędzi ręcznych są wyznaczane następujące wielkości:

- kierunkowe współczynniki przenoszenia drgań T_{Xt} , T_{Yt} , T_{Zt} :

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{Xt} = \frac{a_{hXt}}{a_{sXt}} \\ T_{Yt} = \frac{a_{hYt}}{a_{sYt}} \\ T_{Zt} = \frac{a_{hZt}}{a_{sZt}}, \end{array} \right. \quad (m/s^2)/(m/s^2) \quad (1)$$

- skorygowane kierunkowe współczynniki przenoszenia drgań: T_{WXt} , T_{WYt} , T_{WZt} :

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{WXt} = \frac{a_{WhXt}}{a_{WsXt}} \\ T_{WYt} = \frac{a_{WhYt}}{a_{WsYt}} \\ T_{WZt} = \frac{a_{WhZt}}{a_{WsZt}}, \end{array} \right. \quad (m/s^2)/(m/s^2) \quad (2)$$

- całkowity współczynnik przenoszenia drgań T_{Vt} :

$$T_{Vt} = \frac{a_{hVt}}{a_{sVt}}, \text{ (m/s}^2\text{)/(m/s}^2\text{)} \quad (3)$$

gdzie:

a_{hVt} – całkowita skuteczna wartość sumy wektorowej przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej, m/s²

$$a_{hVt} = \sqrt{a_{hXt}^2 + a_{hYt}^2 + a_{hZt}^2}, \text{ m/s}^2 \quad (4)$$

a_{sVt} – całkowita skuteczna wartość sumy wektorowej przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia, m/s²

$$a_{sVt} = \sqrt{a_{sXt}^2 + a_{sYt}^2 + a_{sZt}^2}, \text{ m/s}^2 \quad (5)$$

- całkowity skorygowany współczynnik przenoszenia drgań T_{WVt} :

$$T_{WVt} = \frac{a_{WhVt}}{a_{WsVt}}, \text{ (m/s}^2\text{)/(m/s}^2\text{)} \quad (6)$$

gdzie:

a_{WhVt} – całkowita skuteczna wartość sumy wektorowej skorygowanego przyspieszenia drgań na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej, m/s²

$$a_{WhVt} = \sqrt{a_{WhXt}^2 + a_{WhYt}^2 + a_{WhZt}^2}, \text{ m/s}^2 \quad (7)$$

a_{WsVt} – całkowita skuteczna wartość sumy wektorowej skorygowanego przyspieszenia drgań na rękojeści narzędzia, m/s²

$$a_{WsVt} = \sqrt{a_{WsXt}^2 + a_{WsYt}^2 + a_{WsZt}^2}, \text{ m/s}^2 \quad (8)$$

- rezonansowy współczynnik przenoszenia drgań T_{fr} , wyznaczany jako iloraz średnich (dla trzech kierunków pomiarowych i trzech operatorów) wartości przyspieszeń drgań rezonansowych na rękojeści i na dłoni operatora:

$$T_{fr} = \frac{a_{hfr}}{a_{sfr}}, \text{ (m/s}^2\text{)/(m/s}^2\text{)} \quad (9)$$

gdzie:

a_{hfr} – średnia wartość przyspieszenia drgań rezonansowych na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej, m/s²

a_{sfr} – średnia wartość przyspieszenia drgań rezonansowych na rękojeści narzędzia, m/s^2

- skorygowany rezonansowy współczynnik przenoszenia drgań T_{Wfr} , wyznaczany jako iloraz średnich (dla trzech kierunków pomiarowych i trzech operatorów) wartości przyspieszeń drgań rezonansowych na rękojeści i na dłoni operatora skorygowanych charakterystyką W_h (zgodną z normą PN-EN ISO 8041-1):

$$T_{Wfr} = \frac{a_{whfr}}{a_{wsfr}}, (m/s^2)/(m/s^2) \quad (10)$$

gdzie:

a_{whfr} – średnia skorygowana wartość przyspieszenia drgań rezonansowych na dłoni operatora w rękawicy antywibracyjnej, m/s^2

a_{wsfr} – średnia skorygowana wartość przyspieszenia drgań rezonansowych na rękojeści narzędzia, m/s^2 .

Dla przedstawionych współczynników określono następujące kryteria oceny, przy pomocy których jest możliwa klasyfikacja skuteczności danej rękawicy w odniesieniu do określonego narzędzia lub grupy narzędzi:

- dla kierunkowych współczynników przenoszenia drgań T_{Xt} , T_{Yt} , T_{Zt} :

$$\left. \begin{array}{l} 0 < T_{Xt} \leq 0,5 \\ 0 < T_{Yt} \leq 0,5 \\ 0 < T_{Zt} \leq 0,5 \end{array} \right\} \text{skuteczność duża}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,5 < T_{Xt} \leq 1 \\ 0,5 < T_{Yt} \leq 1 \\ 0,5 < T_{Zt} \leq 1 \end{array} \right\} \text{skuteczność zadowalająca}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{Xt} > 1 \\ T_{Yt} > 1 \\ T_{Zt} > 1 \end{array} \right\} \text{skuteczność niezadowalająca – wzmacnianie drgań}$$

- dla skorygowanych kierunkowych współczynników przenoszenia drgań T_{WXt} , T_{WYt} , T_{WZt} :

$$\left. \begin{array}{l} 0 < T_{WXt} \leq 0,6 \\ 0 < T_{WYt} \leq 0,6 \\ 0 < T_{WZt} \leq 0,6 \end{array} \right\} \text{skuteczność duża}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,6 < T_{WXt} \leq 1 \\ 0,6 < T_{WYt} \leq 1 \\ 0,6 < T_{WZt} \leq 1 \end{array} \right\} \text{skuteczność zadowalająca}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{WXt} > 1 \\ T_{WYt} > 1 \\ T_{WZt} > 1 \end{array} \right\} \text{skuteczność niezadowalająca – wzmacnianie drgań}$$

- dla całkowitego współczynnika przenoszenia drgań T_{Vt} :

$$0 < T_{Vt} \leq 0,5 \quad \text{skuteczność duża}$$

$$0,5 < T_{Vt} \leq 1 \quad \text{skuteczność zadowalająca}$$

$$T_{Vt} > 1 \quad \text{skuteczność niezadowalająca – wzmacnianie drgań}$$

- dla całkowitego skorygowanego współczynnika przenoszenia drgań T_{wVt} :

$$0 < T_{wVt} \leq 0,6 \quad \text{skuteczność duża}$$

$$0,6 < T_{wVt} \leq 1 \quad \text{skuteczność zadowalająca}$$

$$T_{wVt} > 1 \quad \text{skuteczność niezadowalająca – wzmacnianie drgań}$$

- dla rezonansowego współczynnika przenoszenia drgań T_{fr} przyjęto następujące kryteria oceny:

$$0 < T_{fr} \leq 0,5 \quad \text{skuteczność duża}$$

$$0,5 < T_{fr} \leq 1 \quad \text{skuteczność zadowalająca}$$

$$T_{fr} > 1 \quad \text{skuteczność niezadowalająca – wzmacnianie drgań rezonansowych}$$

- dla skorygowanego rezonansowego współczynnika przenoszenia drgań T_{wfr} przyjęto następujące kryteria oceny:
 - $0 < T_{wfr} \leq 0,5$ skuteczność duża
 - $0,5 < T_{wfr} \leq 1$ skuteczność zadowalająca
 - $T_{wfr} > 1$ skuteczność niezadowalająca – wzmacnianie drgań rezonansowych

Dobór rękawic – przesłanki

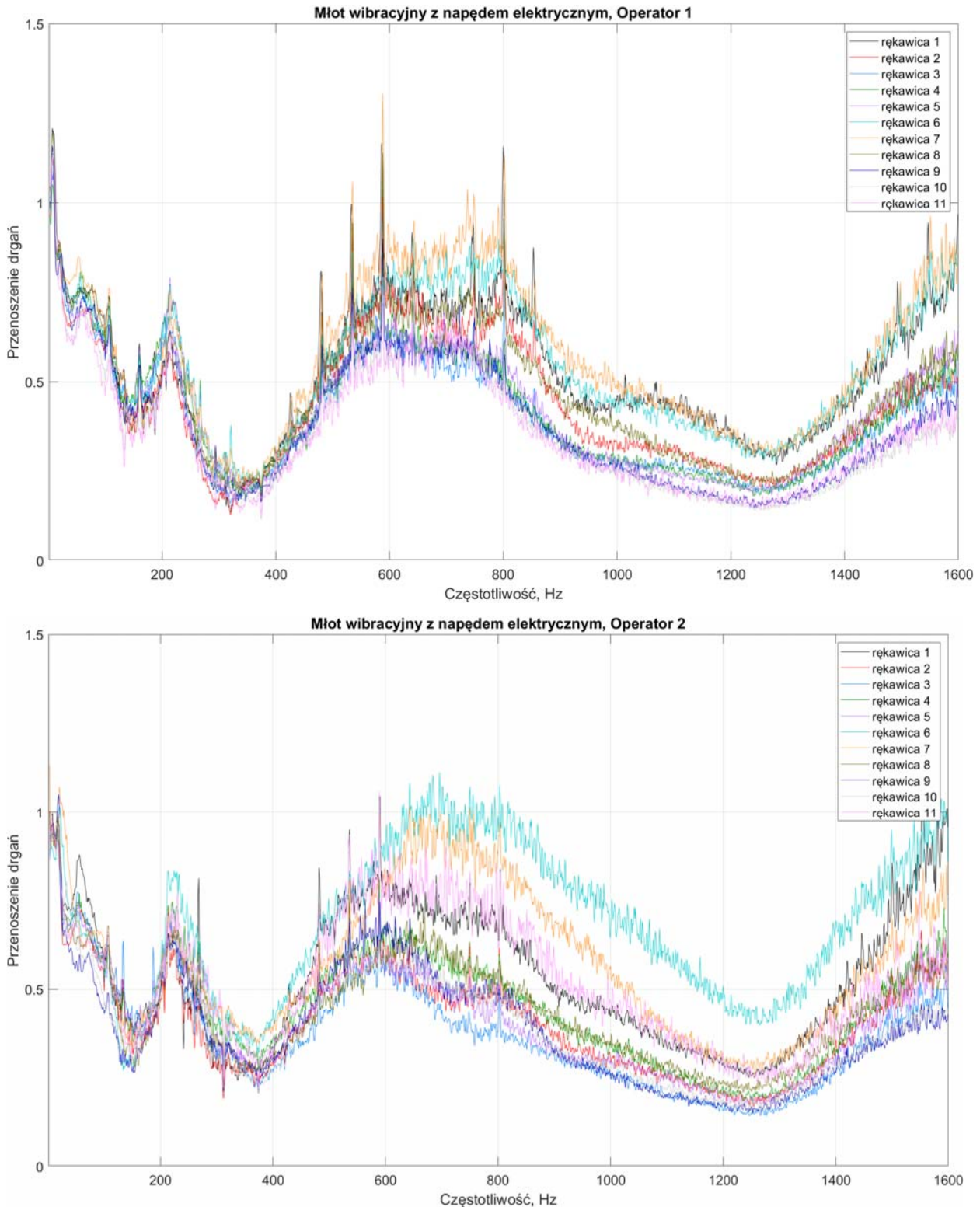
Działanie rękawic antywibracyjnych w różnych warunkach jest odmienne. Ta sama rękawica wykorzystana do pracy narzędziem „A” może skutecznie tłumić drgania, lecz wykorzystana z narzędziem „B” może je wzmacniać. Potwierdzają to przeprowadzone badania, które polegały na zastosowaniu rękawicy jednego typu do pracy dziesięcioma różnymi narzędziami. Uzyskane wyniki badań zawierające ocenę skuteczności ochrony przed drganiami testowanej rękawicy przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Wyniki testu rękawicy antywibracyjnej przeprowadzonego podczas pracy różnymi narzędziami ręcznymi

Na rysunku 1. można zauważyć, że nawet w przypadku jednego narzędzia (szlifierka kątowa) ta sama rękawica ma różną skuteczność ochrony przed drganiami w zależności od

tego, na którym uchwycie zostanie zastosowana. Dodatkowo skuteczność ochrony rękawic antywibracyjnych danego typu jest odmienna dla różnych operatorów. Ilustrują to wykresy na rysunku 2., na których pokazano charakterystyki przenoszenia drgań przez 11 typów rękawic testowanych przez operatora 1 i operatora 2 podczas pracy młotkiem wibracyjnym.



Rys. 2. Przenoszenie drgań przez 11 typów rękawic antywibracyjnych testowanych podczas pracy młotkiem wibracyjnym przez operatora 1 i operatora 2

Widoczne są różnice w charakterystykach tych samych rękawic uzyskane podczas pracy operatora 1 i operatora 2 (np. charakterystyki rękawicy nr 6). Można także zaobserwować, że w przypadku operatora 1 najlepszą skuteczność ochrony przed drganiami uzyskano przy zastosowaniu rękawicy nr 11, zaś w przypadku operatora 2 – rękawica nr 3. Podobne różnice wystąpiły także w przypadku rękawic, których tłumienie drgań było najmniejsze. Najmniej skuteczną rękawicą podczas pracy operatora 1 była rękawica nr 7, a podczas pracy operatora 2 – rękawica nr 6. Przedstawione różnice wskazują jednoznacznie, że rękawice powinny być dobierane dla konkretnego pracownika z uwzględnieniem obsługiwanego przez niego narzędzia i warunków jego pracy. W tabelach 1. i 2. przedstawiono wyniki doboru rękawic dla trzech wybranych narzędzi ręcznych.

Tabela 1. Dobór rękawicy do narzędzia na podstawie wartości współczynnika T_{vt}

Narzędzie	Nr wybranej rękawicy (badania w warunkach rzeczywistych)			Nr wybranej rękawicy (obliczenia na podstawie PN-EN 10819)		
	OP1	OP2	OP3	OP1	OP2	OP3
Szlifierka (uchwyt przedni)	1	9	9	8	8	8
Szlifierka (uchwyt tylny)	7	1	10	8	8	8
Wiertarka	9	2	1	2	2	2
Młot	11	10	10	8	8	8

Tabela 2. Dobór rękawicy do narzędzia na podstawie wartości współczynnika T_{wvt}

Narzędzie	Nr wybranej rękawicy (badania w warunkach rzeczywistych)			Nr wybranej rękawicy (obliczenia na podstawie PN-EN 10819)		
	OP1	OP2	OP3	OP1	OP2	OP3
Szlifierka (uchwyt przedni)	1	9	9	8	8	8
Szlifierka (uchwyt tylny)	10	6	10	8	8	8
Wiertarka	11	9	4	8	8	2
Młot	11	9	9	8	8	8

W przypadku doboru na podstawie wartości współczynnika T_{vt} (tab. 1, część zaznaczona kolorem niebieskim) wyznaczonego na bazie wyników pomiarów w warunkach rzeczywistych dla każdego z badanych narzędzi została dobrana rękawica innego typu. Na 12 kombinacji: narzędzie – operator jedynie w dwóch przypadkach została wybrana ta sama rękawica (tj. do tego samego narzędzia wybrano tę samą rękawicę dla dwóch operatorów). Dobór oparty na podstawie wartości współczynnika T_{vt} (tab. 1, część zaznaczona kolorem żółtym) wyznaczonego na bazie wyników pomiarów i obliczeń z wykorzystaniem charakterystyk wyznaczonych metodą laboratoryjną różni się znacznie. W zależności od narzędzia dla wszystkich operatorów została wybrana ta sama rękawica (rękawice nr 2 i nr 8), a dodatkowo ta sama – do pracy szlifierką i młotkiem wibracyjnym (rękawica nr 8). Można zauważyć, że wybór rękawicy nr 8 nie wystąpił ani razu podczas doboru opartego na podstawie wartości współczynnika T_{vt} (tab. 1, część zaznaczona kolorem niebieskim) wyznaczonego na bazie wyników pomiarów w warunkach rzeczywistych. Wybór tej samej rękawicy wystąpił jedynie w jednym przypadku (rękawica nr 2, wiertarka – operator 2).

W przypadku doboru na podstawie wartości współczynnika T_{wvt} (tab. 2, część zaznaczona kolorem niebieskim) do żadnego z wykorzystanych narzędzi nie została wybrana ta sama rękawica dla wszystkich trzech operatorów. Na 12 kombinacji: narzędzie – operator w 3 przypadkach została wybrana ta sama rękawica. Dobór oparty na podstawie wartości współczynnika T_{wvt} (tab. 2, część zaznaczona kolorem żółtym) wyznaczonego na bazie wyników pomiarów i obliczeń z wykorzystaniem charakterystyk wyznaczonych metodą laboratoryjną (podobnie jak w przypadku doboru na podstawie współczynnika T_{vt}) różni się znacznie. Poza jednym wyjątkiem (wiertarka – operator 3) do wszystkich narzędzi dla wszystkich operatorów została wybrana ta sama rękawica – nr 8. Podobnie jak w przypadku doboru na podstawie współczynnika T_{vt} , wybór rękawicy nr 8 nie wystąpił ani razu podczas doboru opartego na podstawie wartości współczynnika T_{wvt} (tab. 2, część zaznaczona kolorem niebieskim) wyznaczonego na bazie wyników pomiarów w warunkach rzeczywistych.

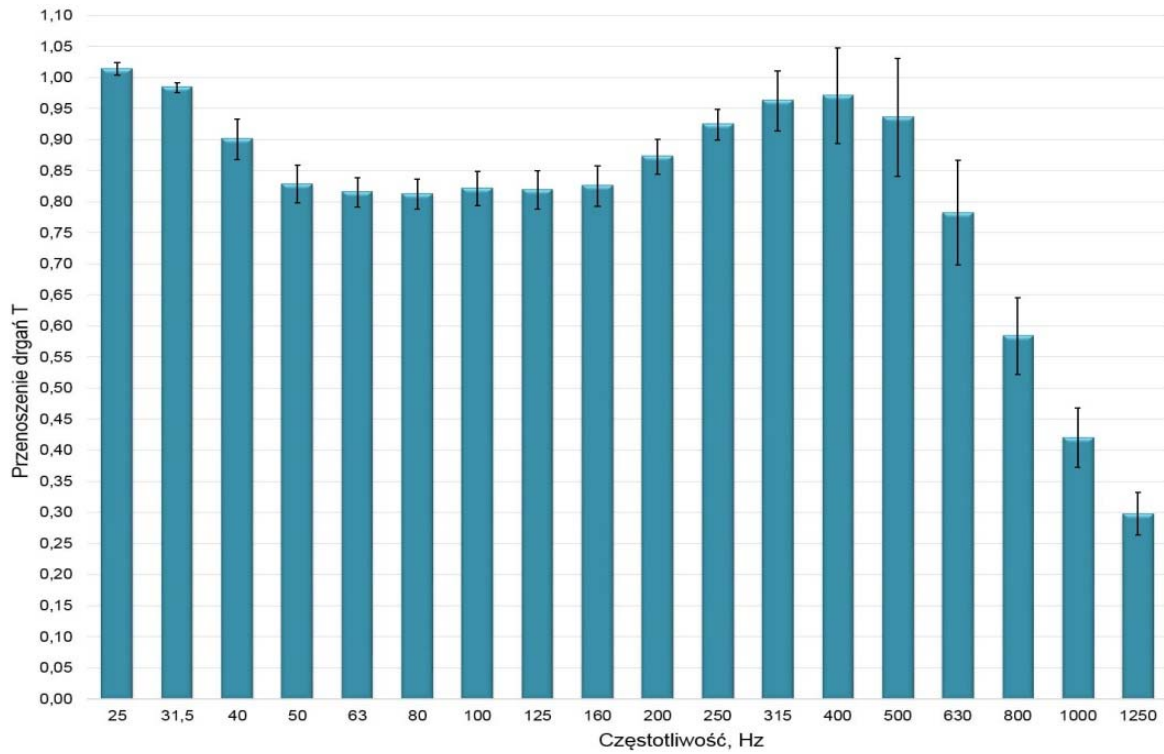
Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że dobór rękawic antywibracyjnych do narzędzi wykorzystanych w badaniach przeprowadzony w oparciu o obliczenia z wykorzystaniem charakterystyk rękawic wyznaczonych metodą laboratoryjną został zweryfikowany negatywnie. Większość wyników doboru przeprowadzonego w ten sposób nie została potwierdzona wynikami doboru przeprowadzonego na bazie wyników pomiarów w warunkach

rzeczywistych. Oznacza to, że do przeprowadzenia prawidłowego doboru rękawic antywibracyjnych do narzędzia w warunkach użytkowania danego pracownika (operatora) konieczne jest wykonanie badań przenoszenia drgań przez rękawice w warunkach rzeczywistych. Wyniki badań laboratoryjnych mogą być wykorzystane w celach porównawczych podczas wstępnego wyboru rękawic.

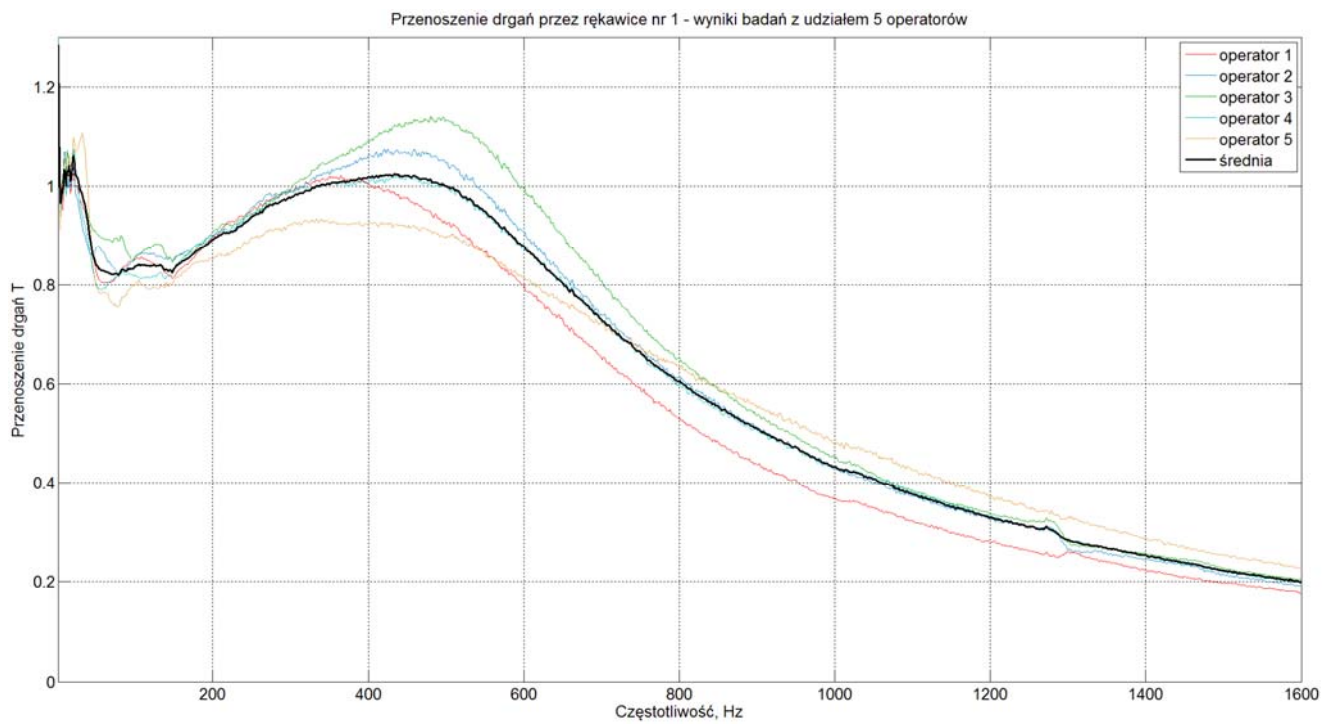
Wymagania do prawidłowego doboru rękawic antywibracyjnych do narzędzi ręcznych

Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych badań, można sformułować następujące wymagania do prawidłowego doboru rękawic antywibracyjnych do narzędzia, który powinien być przeprowadzany indywidualnie dla każdego pracownika:

- pozyskane dane charakteryzujące drgania występujące w warunkach pracy konkretnego pracownika danym narzędziem powinny zawierać – oprócz całkowitych wartości skorygowanych przyspieszeń drgań w trzech kierunkach – także charakterystyki częstotliwościowe przyspieszenia drgań [5] w formie umożliwiającej jej późniejszą analizę i przetwarzanie, m.in. korygowanie charakterystyką W_h ; najczęściej takie dane pozyskuje się w postaci komputerowych plików: .txt, .csv, .xls lub binarnych [6];
- pozyskane dane o rękawicach (wstępnie wybranych typów), które są brane pod uwagę podczas doboru, powinny zawierać:
 - informacje o uzyskaniu certyfikatu potwierdzającego spełnienie wymagań wymienionych w normie PN-EN ISO 10819:2013-12,
 - wartości współczynników przenoszenia drgań $\bar{T}_{[M]}$ i $\bar{T}_{[H]}$,
 - charakterystykę częstotliwościową przenoszenia drgań (wykresy 2 i 3);



Wykres 2. Przykładowa charakterystyka częstotliwościowa przenoszenia drgań przez rękawice – widmo tercjowe



Wykres 3. Przykładowe charakterystyki częstotliwościowe przenoszenia drgań przez rękawice – widma wąskopasmowe

- ocena właściwości antywibracyjnych w danych warunkach powinna zostać przeprowadzona na podstawie współczynników przenoszenia drgań: T_{vt} , T_{Wvt} , T_{fr} , T_{Wfr} i charakterystyk przenoszenia drgań; warunkiem uznania prawidłowości doboru rękawicy do narzędzia jest uzyskanie w danych warunkach wartości wszystkich współczynników w zakresie „skuteczności zadowalającej” lub „skuteczności dużej”, co oznacza wartości mniejsze od 1; w przypadku uwzględnienia współczynników $\bar{T}_{[M]}$ i $\bar{T}_{[H]}$ ich wartości nie powinny przekraczać odpowiednio 0,6 i 0,9;
- należy ocenić, czy wywierane siły nacisku i zacisku wywierane przez operatora na rękę narzędzia nie przekraczają średnich wartości przewidzianych do obsługi danego typu narzędzia oraz czy nie przekraczają wartości ok. 80 N; z przeprowadzonych wcześniej badań (dotyczących m.in. wskaźnikowej oceny przenoszenia drgań w układzie ręka operatora – narzędzie ręczne) [2, 4, 5] wynika, że stosowanie przy obsłudze ręcznych narzędzi nadmiernych sił (80 N i więcej) uniemożliwia prawidłowy dobór rękawic antywibracyjnych, ponieważ w takich warunkach materiał redukujący drgania w rękawicach ulega prawie całkowitej kompresji, tracąc właściwości antywibracyjne (orientacyjny pomiar siły nacisku na stanowisku pracy może zostać przeprowadzony metodą pośrednią, np. przy użyciu wagi);
- należy zweryfikować, czy rozmiar rękawicy został właściwie dobrany i odpowiada rozmiarowi dłoni pracownika; zbyt mały rozmiar powoduje dyskomfort w użytkowaniu rękawicy, zaś zbyt duży powoduje utrudnienia w niewłaściwym działaniu elementów antywibracyjnych rękawicy (m.in. przesuwanie się, zaginanie czy fałdowanie);
- należy ustalić, czy grubość rękawic nie stanowi utrudnienia w obsłudze elementów sterowania narzędziem (pracownik powinien mieć łatwy dostęp do wszystkich przycisków, spustów itp., a szczególnie do elementów uruchamiania układów bezpieczeństwa, np. przycisku bezpieczeństwa); rękawice o grubości ok. 10 mm i więcej mogą stanowić już poważnie ograniczenie w ich użytkowaniu;
- należy zweryfikować, czy giętkość palców zapewnia bezpieczne użytkowanie (pomocne badanie metodą z PN-EN ISO 21420:2020-09) [11];

- należy dokonać oceny, czy siły zginania nie wpływają na zwiększenie wysiłku podczas pracy w rękawicach (w przypadku braku metod znormalizowanych możliwe jest wykorzystanie subiektywnej oceny pracownika);
- należy ustalić, czy rękawice zapewniają komfort cieplny rąk operatora podczas pracy w otoczeniu o niskiej temperaturze, tzn. zapobiegają wychłodzeniu dłoni pracownika (co znacząco zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia zaburzeń charakterystycznych dla zespołu wibracyjnego) lub nie powodują nadmiernego pocenia się rąk w normalnej i podwyższonej temperaturze.

Podczas doboru powinna zostać uwzględniona także odporność rękawicy na uszkodzenia mechaniczne, takie jak: rozdarcie, rozcięcie, przekłucie itp., jak również na uszkodzenia wywołane działaniem czynników chemicznych (jeśli rękawica jest użytkowana w takich warunkach).

Prawidłowo dobrane rękawice nie zawsze będą miały oczekiwaną skuteczność ochrony przed drganiami. Ze względu na uwarunkowania fizyczne (m.in. ograniczona grubość rękawic) tłumienie drgań w zakresie niskich częstotliwości (1-50 Hz) jest zazwyczaj bardzo małe. Nie oznacza to braku uzasadnienia ich stosowania podczas obsługi narzędzi generujących drgania o takich składowych (np. podczas pracy dużymi młotami wibracyjnymi). Ochrona przed drganiami nawet w małym stopniu połączona z ochroną przed niską temperaturą (jaką mogą zapewnić także rękawice antywibracyjne) może zapobiec powstawaniu zaburzeń charakterystycznych dla choroby zawodowej – zespołu wibracyjnego w układach: krążenia krwi (naczyniowym), nerwowym i kostno-stawowym kończyn górnych.

W przypadkach obsługi narzędzi generujących drgania o wyższych częstotliwościach (200 – 1200 Hz), np. szybkoobrotowych szlifierek, dobrze dobrane rękawice mogą zapewnić nawet dwukrotne wydłużenie czasu bezpiecznej pracy narzędziem w ciągu zmiany roboczej i skutecznie ochronić przed negatywnymi skutkami ich działania na organizm pracownika.

Bibliografia

- [1] Augustyńska D, Kowalski P. Strategia ochrony pracowników przed drganiami mechanicznymi według nowych przepisów prawnych – europejskich i krajowych. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka*. 2006;5(416):8-10.
- [2] Engel Z, Kowalski P. *Ocena ekspozycji drganiowej przy zastosowaniu wskaźników*. Mechanika nr 83; Kraków: Politechnika Krakowska; 2001.
- [3] Koton J, Kowalski P, Szopa J et al. Dobór środków ochrony indywidualnej w profilaktyce zespołu wibracyjnego. Warszawa: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy; 2001.
- [4] Kowalski P. Wskaźniki przenoszenia drgań w układzie narzędzie – ręka operatora [rozprawa doktorska]. Warszawa: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy; 2001.
- [5] Kowalski P, Zając J. Ocena skuteczności rękawic antywibracyjnych w warunkach rzeczywistych. XXXVIII Szkoła Zimowa Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych; 2010; Szczyrk.
- [6] Kowalski P. Examining the Effectiveness of Anti-Vibration Gloves With a Neural Network [Badanie skuteczności rękawic antywibracyjnych za pomocą sieci neuronowej]. *Int J Occup Saf Ergon*. 2011;17(3):241-247.
- [7] J. Koton, P. Kowalski – Drgania mechaniczne. W: Majchrzycka K, Pościk A, red. Dobór środków ochrony indywidualnej. Warszawa: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy; 2007. s. 215-227.
- [8] Zając J, Kowalski P, Rejman M. Metoda badań rękawic antywibracyjnych zgodnie z normą EN ISO 10819:2013. *Przegląd Mechaniczny*. 2018;3:44-48.
- [9] Dyrektywa 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracji) (szesnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG), OJ L 177, 06.07.2002, s. 13-20.
- [10] 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.
- [11] PN-EN ISO 21420:2020-09. Rękawice ochronne. Wymagania ogólne i metody badań.