PIOTR KOWALSKI JULIA IDCZAK

OCENA RĘKAWIC ANTYWIBRACYJNYCH – WYMAGANIA DO ZAPEWNIENIA KOMFORTU UŻYTKOWANIA

CIOP PIB 75 LAT

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy", finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.
Projekt nr IV.PN.09,

pt.: Nowa konstrukcja rękawic antywibracyjnych z uwzględnieniem wymagań ergonomicznych i mechanizmów rozwoju zespołu wibracyjnego.

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor: dr inż. Piotr Kowalski, mgr inż. Julia Idczak

DOI: 10.54215/Ocena_rekawic_antywibracyjnych_wymagania_do_zapewnienia_komfortu_uzytkownika_Kowalski_Idczak

Opracowanie redakcyjne: Dorota Marzec

Opracowanie graficzne: Jolanta Maj

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2025

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16,

00-701 Warszawa

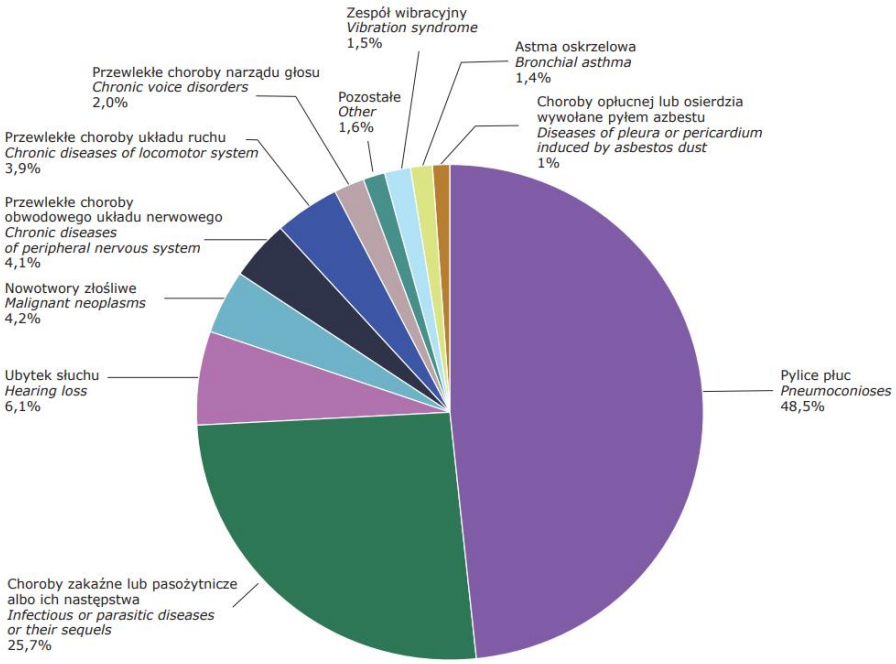
tel. (22) 623 36 98,

www.ciop.pl

Wstęp

Zagrożenia wynikające z ekspozycji na drgania miejscowe

Zespół wibracyjny układu ręka-ramię (ang. *Hand-arm Vibration Syndrome* – HAVS) należy do najczęstszych powikłań wynikających z ekspozycji na drgania miejscowe, przenoszone przez kończyny górne. Może występować w trzech postaciach. Pierwsza z nich to postać naczyniowa lub naczyniowo-nerwowa. Polega na mechanicznym uszkodzeniu ścian naczyń krwionośnych i zaburzeniach w przepływie krwi. Skutkuje dolegliwościami bólowymi, napadowymi skurczami naczyń, czy też zaburzeniami czucia, dotyku i temperatury. Druga postać –kostna lub kostno-stawowa – wiąże się z uszkodzeniem struktury mięśni, ścięgien i więzadeł, a także z uszkodzeniem stawów i torebek stawowych. Powoduje dolegliwości bólowe, torbiele, martwice, a w konsekwencji nawet ograniczenia ruchomości stawów. Trzecia, ostatnia postać HAVS, jest postacią mieszaną, będącą połączeniem dwóch wcześniej wspomnianych[1]. Zespół tych zmian uznawany jest w wielu krajach, w tym również w Polsce, za chorobę zawodową [1].



Rys. 1. Struktura chorób zawodowych wśród mężczyzn (1143 przypadki) w Polsce w roku 2023. Źródło: https://www.imp.lodz.pl/pliki/5d06882b1dba08b0c19789c23f5a6d9656357/chorobyzawodowe20232.pdf

[1] Narażenie na drgania pracowników wykorzystujących pojazdy terenowe typu ATV, materiały dostępne online: https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/94487/2022041393713&MaterialySzkoleniowe-QUADY-2SP01-P-Kowalski.pdf

Według danych z Rejestru Chorób Zawodowych z 2023 roku [2], na zespół wibracyjny w Polsce cierpiało łącznie 18 osób – w tym jedna kobieta i 17 mężczyzn. Warto zaznaczyć, że w grupie mężczyzn zespół wibracyjny stanowi 1,5% wszystkich chorób zawodowych (Rys. 1). Pod względem postaci choroby, 3 osoby cierpią na postać naczyniowo-nerwową, 6 – na postać kostno-stawową, a 9 – na postać mieszaną. Co istotne, w porównaniu z 2022 rokiem, kiedy odnotowano 9 przypadków zespołu wibracyjnego, liczba chorych wzrosła dwukrotnie, co może budzić niepokój i skłaniać do refleksji nad profilaktyką tej choroby zawodowej.
Ponadto, bardzo często występującą dolegliwością związaną z ekspozycją na nadmierne drgania jest zespół cieśni nadgarstka (CTS), który stanowi zaburzenia związane z uciskiem nerwu pośrodkowego w nadgarstku. Do głównych objawów należą: ból, osłabienie siły mięśniowej oraz zaburzenia czucia [3]. Według informacji zawartych w [3], w populacji ogólnej odsetek osób chorych na CTS waha się do 1,5 do 3,5%. Warto podkreślić, że zarówno zespół wibracyjny, jak i zespół cieśni nadgarstka to poważne schorzenia, które mogą znacząco obniżać jakość życia.

Środki ochrony indywidualnej

W celu ograniczenia ryzyka wystąpienia wcześniej wspomnianych chorób zawodowych, niezbędne jest stosowanie odpowiednich środków ochrony indywidualnej. W przypadku narażenia na drgania przenoszone na kończyny górne, jedynym aktualnie dostępnym środkiem ochrony są specjalistyczne rękawice antywibracyjne. Na rynku dostępnych jest wiele modeli i producentów oferujących swoje produkty (przykładowe rękawice antywibracyjne przedstawione zostały na Rys. 2), jednak jedynie niewielka ich część spełnia podstawowe wymagania i uzyskuje certyfikat poświadczający skuteczność w redukcji drgań[2].

Rys. 2. Przykładowe rękawice antywibracyjne

[2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016, dostępne online: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/425/oj

Uzyskanie certyfikatu dla rękawic antywibracyjnych jest możliwe po spełnieniu wymagań określonych w normie PN-EN ISO 10819:2013 [4]. Norma ta wprowadza współczynniki przenoszenia drgań $\overline{T}_{[M]}$ i $\overline{T}_{[H]}$, których wartości wyznaczane są w warunkach laboratoryjnych, na specjalnie przygotowanym do tego stanowisku pomiarowym. Fragment stanowiska przedstawiający rękojeść testową, na której zaciśnięta jest dłoń operatora w rękawicy antywibracyjnej z umieszczonym w niej adapterem pomiarowym, przedstawiony został na
Rys. 3. Pomiar polega na wyznaczeniu amplitud przyspieszenia drgań na rękojeści urządzenia i na adapterze umieszczonym wewnątrz rękawicy antywibracyjnej, bezpośrednio na dłoni osoby badanej, a następnie wyznaczeniu funkcji przejścia pomiędzy zarejestrowanymi wartościami. Choć warunki te dobrze odwzorowują mechanizm działania narzędzia ręcznego i sposób przenoszenia drgań na operatora, należy pamiętać, że nie są one dokładnym odzwierciedleniem rzeczywistych sytuacji. Stanowią jedynie ich przybliżenie, pozwalające na określenie podstawowych parametrów wymaganych przez normę. Dodatkowo, norma określa wartości graniczne, które muszą zostać spełnione dla dwóch zakresów częstotliwości, na podstawie pomiarów przyspieszenia drgań w pasmach tercjowych. W praktyce jednak filtrowanie sygnału może wiązać się z utratą istotnych informacji widmowych. Dlatego też istotne jest, aby oprócz współczynników określonych w normie, uwzględniać również dodatkowe parametry, które pozwalają na pełniejszą ocenę skuteczności działania rękawicy antywibracyjnej w rzeczywistych warunkach pracy.

Rys. 3. Fragment stanowiska laboratoryjnego do pomiaru właściwości antywibracyjnych rękawic – rękojeść testowa trzymana ręką w rękawicy, w której umieszczony jest adapter pomiarowy

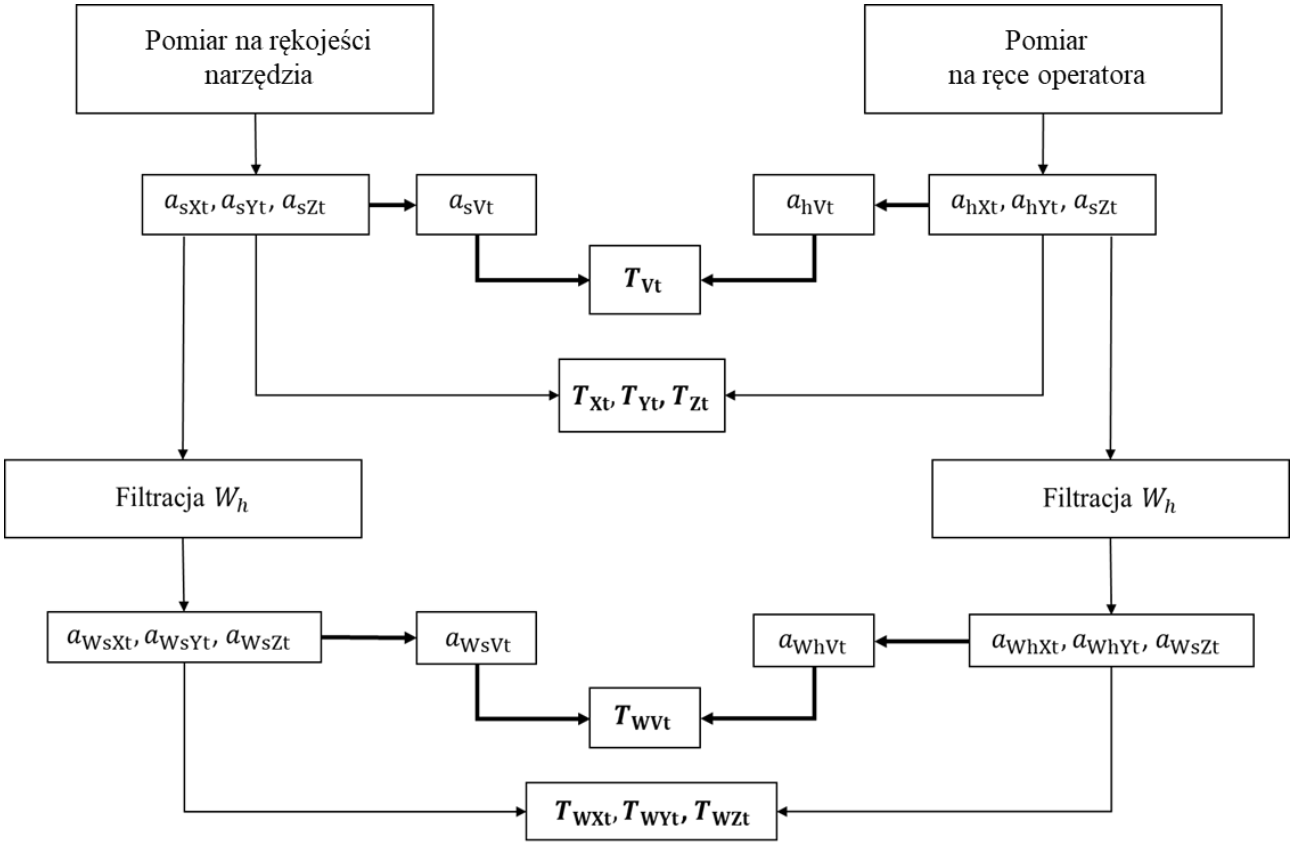
Proces doboru rękawic antywibracyjnych

Dobór odpowiednich rękawic antywibracyjnych jest procesem złożonym, wymagającym uwzględnienia wielu czynników, takich jak rodzaj używanego narzędzia lub urządzenia, warunki, w jakich pracuje operator, a także komfort użytkowania samej

rękawicy. Należy pamiętać, że źle dobrane rękawice mogą przynieść skutek odwrotny do zamierzonego – zamiast chronić przed drganiami, mogą je wręcz potęgować, zwiększając obciążenie kończyn górnych operatora. To z kolei całkowicie podważa sens stosowania ich jako środków ochrony indywidualnej.
Niestety, z uwagi na złożoność zagadnienia i brak precyzyjnych wytycznych dotyczących doboru rękawic w praktyce, proces ten w wielu przedsiębiorstwach w ogóle nie jest przeprowadzany, lub jeśli już jest, to często ma charakter wyłącznie orientacyjny, bez podjęcia odpowiedniej analizy. Dzieje się tak mimo jasno określonych obowiązków pracodawcy wynikających z przepisów prawa zawartych w Dyrektywie 2002/44/WE dotyczącej minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa w związku z ryzykiem wynikającym z ekspozycji na drgania mechaniczne oraz w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz. U. 2005 Nr 157 poz. 1318).

Wymagania dotyczące przenoszenia drgań

Parametry definiowane przez normę PN-EN ISO 10819, to dwa współczynniki przenoszenia drgań $\overline{T}_{[M]}$ i $\overline{T}_{[H]}$,charakteryzujące przenoszenie drgań przez rękawice. Ich wartości nie powinny przekraczać odpowiednio wartości 0,6 i 0,9. Choć te wskaźniki stanowią podstawę oceny skuteczności rękawic antywibracyjnych, ich zastosowanie w praktyce okazuje się niewystarczające. Zespół z Zakładu Zagrożeń Fizycznych, Pracowni Drgań Mechanicznych CIOP-PIB przeprowadził badania, które jednoznacznie wykazały, że w rzeczywistych warunkach pracy wiele certyfikowanych rękawic antywibracyjnych nie zapewnia odpowiedniego poziomu ochrony [5]. Co więcej, niektóre z testowanych modeli nie tylko nie spełniały podstawowych wymagań normy, ale wręcz wzmacniały przenoszone drgania, zwiększając ryzyko narażenia pracowników [6]. W odpowiedzi na te problemy zaproponowano alternatywną metodę oceny skuteczności rękawic, która – podobnie jak norma – opiera się na współczynnikach przenoszenia drgań, jednak z tą istotną różnicą, że współczynniki te obliczane są z dużo większą rozdzielczością częstotliwościową, wynoszącą 1 Hz. Takie podejście pozwala na dokładniejszą analizę i ocenę skuteczności ochrony w zakresie rzeczywistych warunków pracy. Schemat wyznaczania współczynników według zaproponowanej metody przedstawiono na Rys. 4.



Rys. 4 Schemat wyznaczania współczynników przenoszenia drgań

Uzyskanie statusu rękawicy antywibracyjnej jako środka ochrony indywidualnej z wykorzystaniem zaproponowanej metody wymaga osiągnięcia wyników sklasyfikowanych jako skuteczność duża lub skuteczność zadowalająca dla każdego z parametrów zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w Tab. 1. Wartości te wyznaczane są w oparciu o wskaźniki, które stanowią stosunek amplitud przyspieszenia drgań zarejestrowanych na dłoni operatora do amplitud prędkości zmierzonych na rękojeści urządzenia. Szczegółowa metodyka obliczeniowa opisana została w [6].

Tab. 1. Kryteria oceny współczynników przenoszenia drgań

Parametr	**Skuteczność duża**	**Skuteczność zadowalająca**	**Skuteczność niezadowalająca**
$\mathbf{T_{Xt}, T_{Yt}, T_{Zt}}$	$(0 : 0{,}5\rangle$	$(0{,}5 : 1\rangle$	> 1
$\mathbf{T_{WXt}, T_{WYt}, T_{WZt}}$	$(0 : 0{,}6\rangle$	$(0{,}6 : 1\rangle$	> 1
$\mathbf{T_{Vt}}$	$(0 : 0{,}5\rangle$	$(0{,}5 : 1\rangle$	> 1
$\mathbf{T_{WVt}}$	$(0 : 0{,}6\rangle$	$(0{,}6 : 1\rangle$	> 1
$\mathbf{T_{fr}}$	$(0 : 0{,}5\rangle$	$(0{,}5 : 1\rangle$	> 1

Podczas kwalifikacji należy także zwrócić uwagę na siłę nacisku i zacisku, które wywiera operator na narzędzie podczas pracy. Stosowanie siły powyżej 100 N wyklucza możliwość przeprowadzenia analizy i określenia skuteczności rękawic antywibracyjnych.

Wymagania podstawowe zapewniające komfort użytkowania

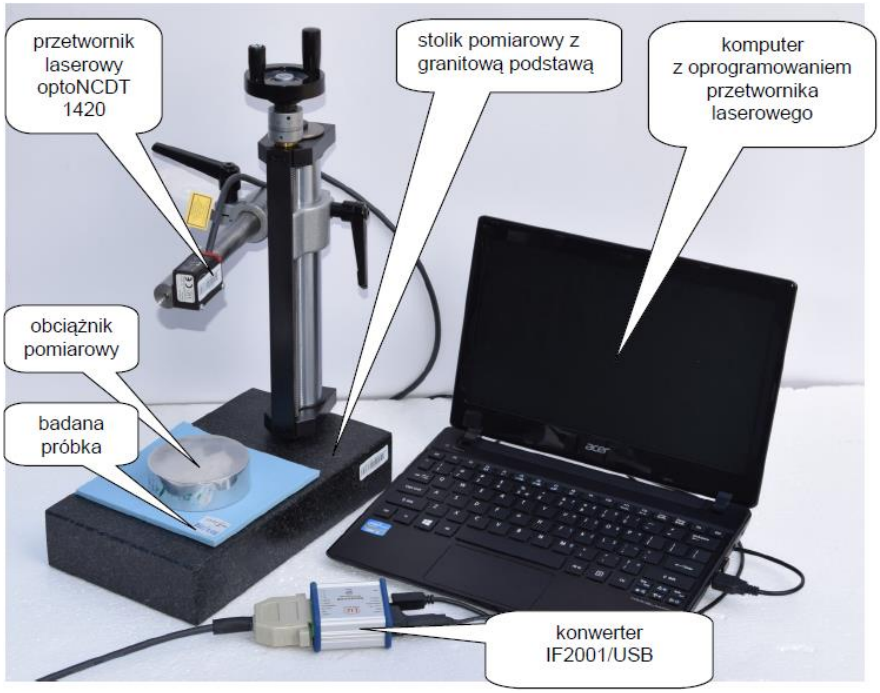
W celu zapewnienia jak największej skuteczności działania rękawic antywibracyjnych wskazane jest, aby operator nosił je przez cały czas pracy z narzędziami lub urządzeniami generującymi drgania. Z tym jednak wiążą się istotne kwestie związane z komfortem użytkowania rękawic. Samo zapewnienie odpowiedniej redukcji drgań nie gwarantuje jeszcze, że pracownicy chętnie będą je nosić podczas wykonywania zadań – wręcz przeciwnie, brak wygody może prowadzić do niechęci lub całkowitej rezygnacji z ich stosowania. Projektując rękawice antywibracyjne, należy zatem uwzględnić warunki, w jakich są one wykorzystywane. Operator powinien być chroniony przed szkodliwym działaniem drgań, a jednocześnie zachować możliwość swobodnego wykonywania podstawowych czynności oraz pełną mobilność dłoni.
Do podstawowych parametrów wpływających na komfort użytkowania zaliczone zostały:

- całkowita grubość części chwytnej rękawicy,
- giętkość palców rękawicy,
- siła potrzebna do zginania palców rękawicy.

Grubość rękawicy

Grubość rękawicy jest kluczowa z punktu widzenia komfortu użytkowania. Im grubszy materiał, tym potencjalnie lepsze właściwości antywibracyjne, jednak równocześnie tym większa trudność w wykonywaniu podstawowych czynności. Zbyt grube rękawice ograniczają precyzję ruchów palców, zmniejszają zręczność operatora oraz utrudniają chwytanie drobnych przedmiotów czy obsługę narzędzi. Co więcej, zwiększenie grubości materiału utrudnia prawidłowe wyczucie siły nacisku i zacisku na rękojeści urządzenia, co często skutkuje nadmiernym wykorzystaniem siły w porównaniu do cieńszych rękawic. To z kolei może prowadzić do szybszego zmęczenia mięśni i obniżenia komfortu pracy.
Na podstawie badań i analiz, pracownicy Zakładu Zagrożeń Fizycznych, Pracowni Drgań Mechanicznych CIOP-PIB zalecają, aby całkowita grubość wewnętrznej strony rękawicy nie przekraczała 8 mm, gdyż większe grubości mogą powodować znaczne ograniczenia w użytkowaniu. Pomiaru grubości można dokonać na bezstykowym stanowisku pomiarowym, jak przedstawione zostało na
Rys. 5. Stanowisko to składa się z przetwornika laserowego umieszczonego bezpośrednio nad badaną próbką, która jest obciążona jednolitym walcem o średnicy 80 mm. Próbka położona jest na stoliku pomiarowym z granitową podstawą o wymiarach 250 × 160 × 50 mm oraz regulowanym zakresie pomiarowym do 160 mm.

Przetwornik laserowy jest podłączony do komputera wyposażonego w specjalistyczne oprogramowanie, umożliwiające precyzyjną akwizycję i analizę danych pomiarowych. Zgodnie
z zaleceniami normy PN-EN ISO 10819, pomiar grubości powinien być wykonany oddzielnie dla dłoniowej części chwytnej, palców oraz kciuka. Podczas wykonywania pomiarów należy uwzględnić wszystkie elementy konstrukcyjne rękawicy.



Rys. 5. Stanowisko pomiarowe do pomiaru grubości rękawic

Pomiar przeprowadza się w 10 punktach pomiarowych, rozmieszczonych równomiernie na powierzchni masy dociążającej. Końcowa wartość grubości jest średnią arytmetyczną wyników uzyskanych z całego pomiaru, obliczaną osobno dla poszczególnych części rękawicy.

Giętkość palców

Zapewnienie komfortu użytkowania rękawic antywibracyjnych wiąże się z gwarancją zachowania odpowiedniej giętkości palców, czyli zręczności manualnej. Badania w tym zakresie wykonywane są zgodnie z normą PN-EN ISO 21420:2020 [7] i polegają na próbie podnoszenia metalowych prętów, przedstawionych na
Rys. 6. Badana osoba ma za zadanie w ciągu 30 sekund trzykrotnie podnieść pręt z płaskiej powierzchni. Kluczowe jest, aby pręt był chwytany na obwodzie palcem wskazującym i kciukiem.
Wynik badania określa klasę wymagań rękawicy, opartą na pięciostopniowej skali (
Tab. 2 2), w której każdy z pięciu metalowych prętów o różnych średnicach odpowiada innej klasie. Rękawica zostaje zakwalifikowana do klasy odpowiadającej

najmniejszemu prętowi, jaki badana osoba była w stanie podnieść podczas testu. Im mniejsza średnica pręta, tym wyższa klasa zręczności przypisana rękawicy, co oznacza lepszą giętkość i komfort użytkowania.

Rys. 6. Pręty ze stali nierdzewnej o długości 40 mm i średnicach odpowiednio 11, 9,5, 8, 6,5 i 5 mm

Proponowana metoda pomiarowa nie pozwala na precyzyjne rozróżnienie poziomu zręczności palców między różnymi typami rękawic antywibracyjnych. Pozwala jednak skutecznie wykryć brak tej kluczowej cechy, co umożliwia wykluczenie z użytkowania rękawic, które nie zapewniają odpowiedniego komfortu i funkcjonalności.

Tab. 2. Kryteria oceny giętkości palców

Klasa wymagań	Najmniejsza średnica pręta spełniającego wymogi testu, mm
1	11
2	9.5
3	8
4	6,5
5	5

Siła potrzebna do zginania palców

Zwiększona grubość rękawic w odniesieniu do tradycyjnych rękawic powoduje konieczność zwiększenia siły jaka jest wykorzystywana do zginania palców, a istotnym jest, że nawet krótkotrwałe użytkowanie rękawic wymagających zwiększonego wysiłku może powodować dodatkowe zmęczenie operatora.

Do oszacowania wartości siły potrzebnej do zgięcia palców można wykorzystać metodę orientacyjną, polegającą na pomiarze za pomocą wagi laboratoryjnej, jak przedstawione na Rys. 7. Metoda ta nie gwarantuje wysokiej precyzji, jednak pozwala na porównanie wartości sił między różnymi rękawicami oraz określenie w sposób przybliżony, jak duży wysiłek jest wymagany. Ponieważ pomiar odbywa się podczas zginania palców rękawicy tylko w jednym miejscu tj. w strefie dłoni pomiędzy pierwszymi i drugimi paliczkami palców, szacuje się, że rzeczywista siła podczas zaciskania dłoni na rękojeści narzędzia jest większa od zmierzonej tą metodą.

Rys. 7. Metoda orientacyjna pomiaru wartości siły, jaka jest potrzebna do zginania palców ręki o 90° w rękawicy antywibracyjnej

O ile siły zginania mniejsze niż 1 N są praktycznie niezauważalne nawet podczas długotrwałej pracy w rękawicy, to siły 3 – 5 N powodują już wyraźny dodatkowy wysiłek nawet podczas krótkotrwałego używania rękawic. Biorąc pod uwagę niedoszacowanie wartości sił zmierzonych opisaną metodą, w rzeczywistości efekt dodatkowego wysiłku jest większy i może być przyczyną niestosowania rękawic przez pracowników narażonych na drgania oraz obniżenia bezpieczeństwa ich użytkowania, zwiększając prawdopodobieństwo wypadku.

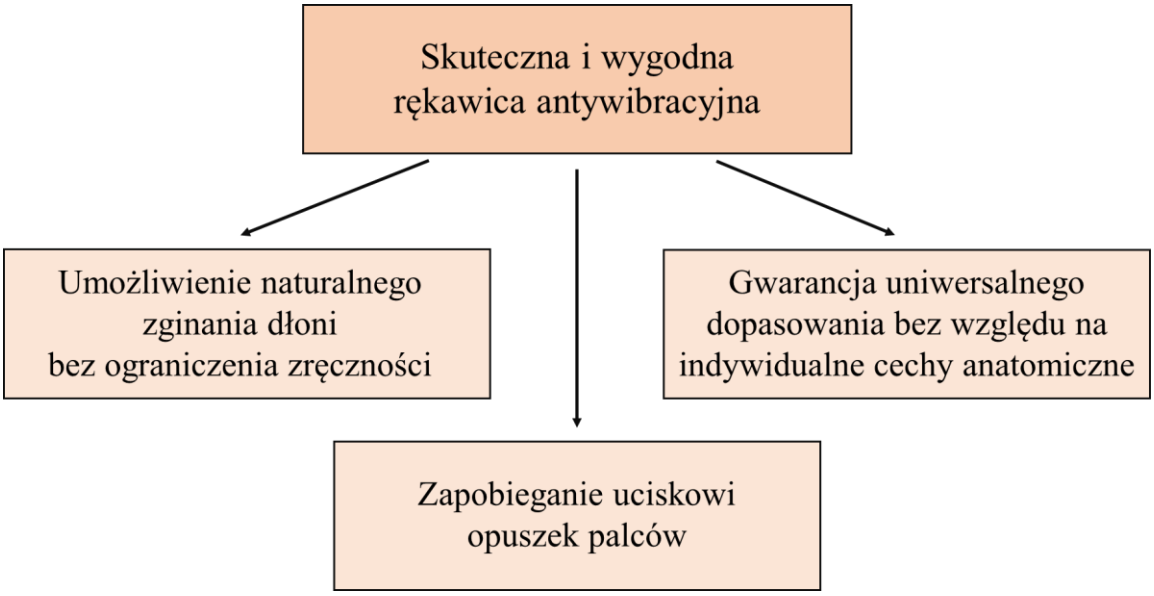
Poza przeprowadzeniem podstawowych badań, które zostały szczegółowo opisane, zaleca się ocenę odporności rękawic na uszkodzenia mechaniczne, takie jak rozdarcia, rozcięcia czy przekłucia, a także na działanie czynników chemicznych, które mogą występować w miejscu pracy. W sytuacjach, gdy praca odbywa się w warunkach obniżonej lub podwyższonej temperatury otoczenia, istotne jest również uwzględnienie właściwości rękawic zapewniających komfort termiczny operatora, co dodatkowo wpływa na chęć i możliwość ich stosowania.

Podsumowując, choroby zawodowe takie jak zespół wibracyjny i zespół cieśni nadgarstka, mogą znacząco wpływać na zdrowie i komfort pracy osób narażonych na drgania mechaniczne. Ich rosnąca liczba w Polsce oraz skomplikowany proces doboru odpowiednich środków ochrony indywidualnej, jakimi są rękawice antywibracyjne, wskazują na pilną potrzebę zwiększenia świadomości i systematycznego podejścia do profilaktyki. Niewłaściwy wybór rękawic nie tylko nie zapewnia skutecznej ochrony, ale może nawet pogłębiać negatywne skutki ekspozycji na drgania. Dlatego tak istotne jest, aby dobór i stosowanie środków ochrony odbywały się z zachowaniem odpowiednich norm i standardów, co pozwoli realnie zmniejszyć ryzyko wystąpienia tych schorzeń w środowisku pracy. Należy również podkreślić, że obecne wymagania zawarte w normie PN-EN ISO 10819:2013 są niewystarczające, przede wszystkim ze względu na ich skupienie na badaniach przeprowadzanych w warunkach laboratoryjnych, które tylko w ograniczonym stopniu odzwierciedlają rzeczywiste

warunki pracy. Konieczne jest zatem rozszerzenie zakresu badań i wymagań normatywnych, tak aby obejmowały one również testy prowadzone w warunkach rzeczywistych, a także o dodatkowe parametry, takie jak czynniki wpływające na komfort użytkowania rękawic. Uzupełnienie norm o te elementy pozwoli na bardziej kompleksową ocenę skuteczności rękawic antywibracyjnych i ich lepsze dopasowanie do rzeczywistych potrzeb pracowników, co w efekcie przełoży się na skuteczniejszą ochronę zdrowia osób narażonych na drgania mechaniczne.

Projekt rękawicy antywibracyjnej

Projekt rękawicy antywibracyjnej zakładał wykonanie tradycyjnej rękawicy pięciopalczastej, spełniającej zarówno wymagania zawarte w [4] dotyczące współczynników przenoszenia drgań, jak również spełniającej wymagania dotyczące komfortu użytkowania, określone w niniejszym dokumencie. Podczas procesu projektowania uwzględniono trzy kluczowe aspekty, zaprezentowane na Rys. 8, wynikające z potrzeby zapobiegania rozwojowi zespołu wibracyjnego.



Rys. 8. Aspekty dotyczące komfortu użytkowania rękawicy antywibracyjnej uwzględniane podczas projektowania prototypu rękawicy

Zaprojektowaną zgodnie z wymienionymi założeniami rękawicę antywibracyjną przedstawia Rys. 9.

Rys. 9. Rękawica antywibracyjna zaprojektowana z uwzględnieniem aspektów wynikających z potrzeby zapobiegania rozwojowi zespołu wibracyjnego

Budowa i materiały

Część chwytna rękawicy została wykonana z cienkiej, lecz wytrzymałej naturalnej skóry. Takie rozwiązanie gwarantuje ochronę dłoni i wysoką odporność mechaniczną, przy jednoczesnym zachowaniu precyzji ruchów i czucia dotykowego.
Część grzbietowa rękawicy składa się z dwóch segmentów – jednego obejmującego kciuk oraz drugiego chroniącego pozostałą część dłoni. Zastosowano tu cienką, trwałą tkaninę o bardzo dobrych właściwościach izolacji cieplnej, wysokiej przepuszczalności powietrza i odporności na wilgoć. Dzięki temu rękawica zapewnia komfort termiczny i przyjazny kontakt ze skórą, co ma szczególne znaczenie w pracy przy niskich temperaturach lub w otoczeniu narażonym na działanie sprężonego powietrza.
W związku z faktem, że rękawica została zaprojektowana z uwzględnieniem mechanizmów powstawania HAVS, konieczne było określenie sposobów ograniczenia ucisku w części paliczkowej. Nadmierny nacisk w tym obszarze powoduje bowiem ograniczenie przepływu krwi, co bezpośrednio sprzyja powstawaniu zmian chorobowych. Dlatego też części strzałkowe rękawic zostały zaprojektowane w taki sposób, aby podczas zginania palców opuszki nie były nadmiernie uciskane przez elementy palcowe rękawicy.

Elementy antywibracyjne

Tłumienie drgań zapewnione zostało dzięki wykorzystaniu materiału antywibracyjnego. Elementy antywibracyjne rozmieszczono zgodnie z naturalnymi strefami zgięć dłoni – w części dłoniowej oraz wzdłuż paliczków, w tym kciuka. Choć palce posiadają trzy paliczki, a kciuk dwa, konstrukcja rękawicy wykorzystuje cztery elementy tłumiące dla każdego palca i trzy dla kciuka. Takie rozwiązanie umożliwia lepsze dopasowanie do indywidualnej anatomii dłoni, pozwala na swobodne zginanie

palców i jednocześnie zapewnia pełną ochronę przed drganiami we wszystkich segmentach palców.

W części dłoniowej zastosowano cztery elementy tłumiące drgania, których kształt i rozmieszczenie dopasowano do naturalnego ruchu dłoni podczas chwytu. Taka konfiguracja skutecznie redukuje przenoszenie drgań, nie ograniczając jednocześnie swobody ruchów. Dodatkowo zapewnia uniwersalne dopasowanie i wysoki komfort użytkowania niezależnie od kształtu dłoni. Wszystkie elementy tłumiące wykonano z tego samego materiału antywibracyjnego, różniącego się grubością w zależności od części rękawicy: 7 mm w części dłoniowej oraz 5 mm w rejonie palców i kciuka. Elementy te umieszczono po wewnętrznej stronie powierzchni chwytnej, a od strony dłoni operatora wykończono warstwą dzianiny wiskozowej, poprawiającej komfort użytkowania.

Bibliografia

[1] Koton J., Kowalski P. (2002). Dobór środków ochrony indywidualnej w profilaktyce zespołu wibracyjnego. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka*, 9, 10–12.

[2] Świątkowska, B., Hanke, W. (2023). *Choroby zawodowe w Polsce w 2023 roku*. Instytut Medycyny Pracy – Centralny Rejestr Chorób Zawodowych.

[3] Gołąbek R., Majcher P. (2018). Zespół cieśni nadgarstka. *Sport i Turystyka. Środkowoeuropejskie Czasopismo Naukowe*, 1(1), 123–140.

[4] *PN-EN ISO 10819:2013 Drgania i wstrząsy mechaniczne – Drgania oddziałujące na organizm człowieka przez kończyny górne – Pomiar i ocena współczynnika przenoszenia drgań przez rękawice na dłoń operatora*.

[5] Kowalski P., Zając J. (2022). Badania wybranych rękawic antywibracyjnych dostępnych na polskim rynku. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka*, 9–11. https://doi.org/10.15199/148.2018.3.5.Rys

[6] Kowalski P., Zając J. (2022). *Wymagania do prawidłowego doboru rękawic antywibracyjnych do narzędzi ręcznych. Materiały informacyjne*. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

[7] *PN-EN ISO 21420:2020-09 Wymagania ogólne dla rękawic*.