

Nowe wymagania w zakresie parametrów ergonomicznych sprzętu ochrony układu oddechowego

W artykule przedstawiono propozycje rozszerzenia i zmian zakresu badań parametrów sprzętu ochrony układu oddechowego, mających bezpośrednie przełożenie na ergonomię jego stosowania. Uwzględniono badania eksploatacyjne, opór oddychania, zawartość dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i ograniczenie pola widzenia. Zaproponowano wprowadzenie nowego parametru – pracy oddychania, która ma bezpośrednie przełożenie na podział sprzętu na klasy związane z ciężkością prac, dla których dany typ sprzętu jest przeznaczony. Zaproponowano również listę kontrolną umożliwiającą obecnym użytkownikom sprzętu ochrony układu oddechowego weryfikację podstawowych elementów wpływających na komfort użytkowania tego sprzętu.

Słowa kluczowe: badania eksploatacyjne, opór oddychania, zawartość dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i ograniczenie pola widzenia, sprzęt ochrony układu oddechowego, praca oddychania

New requirements in regard of ergonomic parameters of filtering respiratory protective devices

This article presents proposals for expanding and changing the scope of testing of respiratory protective devices parameters having a direct impact on its ergonomics of use. Practical performance tests, breathing resistance, carbon dioxide content in inhaled air and reductions of field of vision were included. It was proposed to introduce a new parameter – work of breathing, which has a direct impact on the categorization of equipment into classes related to the severity of work, to which a given type of equipment is dedicated. A checklist was also proposed to allow current users of respiratory protective devices to verify the basic elements affecting the comfort of use of such devices.

Keywords: practical performance tests, breathing resistance, carbon dioxide content in inhaled air and reductions of field of vision, respiratory protective devices, work of breathing, comfort of use

Wstęp

Środki ochrony indywidualnej (ŚOI), stosowane w celu zapewnienia ochrony użytkownikom na stanowiskach pracy, zgodnie z wymaganiami zasadniczymi, zawartymi w Rozporządzeniu UE 2016/425, powinny być tak konstruowane, aby można było je dopasowywać do wymiarów użytkownika [1]. Powinny też spełniać wymagania ergonomiczne i fizjologiczne.

Niespełnienie tych wymagań jest jedną z podstawowych przyczyn niestosowania ŚOI lub nie zapewniania przez nie właściwej ochrony przed zagrożeniami występującymi na stanowisku pracy. Również dodatkowe obciążenia, wynikające z użytkowania sprzętu ochrony układu oddechowego, takie jak: wzrost oporu oddychania, wzrost temperatury, zwiększenie ilości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym lub nadmierne ograniczenie pola widzenia, bywają coraz częściej przyczyną

odrzucenia sprzętu ochrony układu oddechowego. Mogą również obniżyć koncentrację i wzmacniać zmęczenie, co przekłada się na wzrost liczby popełnianych błędów. W ekstremalnym przypadku może nawet dojść do niewydolności oddechowej, podobnie jak w stanach chorobowych płuc.

Obecnie w krajach UE zagadnienia normalizacyjne związane ze sprzętem ochrony układu oddechowego, opracowywane są przez komitet techniczny CEN TC79 *Respiratory protective devices*. Normy europejskie obejmują swoim zakresem poszczególne typy ww. sprzętu. Ich struktura została zorganizowana w taki sposób, aby każda norma zawierała kompleksowe wymagania, metodykę badań, opis znakowania i podstawową zawartość instrukcji użytkowania dla każdego dostępnego na rynku rodzaju/typu tego sprzętu. Dodatkowo każda z tych norm zawiera załącznik informacyjny ZA, w którym przedstawione są powiązania poszczególnych rozdziałów normy z punktami Rozporządzenia UE

2016/425 [1]. Powiązania te umożliwiają ustalenie zgodności wyrobu, badanego zgodnie z wymaganiami danej normy, z określonymi zasadniczymi wymaganiami i innymi postanowieniami zawartymi w ww. rozporządzeniu, a dotyczącymi sprzętu ochrony układu oddechowego.

W nowych normach międzynarodowych serii ISO za podstawę przyjęto opracowanie klasyfikacji, wymagań i metod badań, czynnik ludzki i fizjologię człowieka. W efekcie doszło do całkowitej zmiany klasyfikacji sprzętu ochrony układu oddechowego, jako że jej podstawowym kryterium staje się ergonomia i bezpośrednio z nią związana „ciężkość pracy”. Dotychczas nie brano ich pod uwagę, nie mierząc i nie oceniając wartości parametrów eksploatacyjnych podczas badań. Uczestnicy badań wyrażali jedynie swoje subiektywne opinie nt. użytkowania sprzętu ochrony układu oddechowego i ewentualnych niedogodności z tym związanych. Prezentacja i analiza tej problematyki jest celem artykułu.

Tabela 1. Przykłady wykonywanych czynności oraz prac w odniesieniu do poszczególnych klas ciężkości pracy na podstawie ISO/TS 16976-4:2019 [17]

Table 1. Examples of performed activities in regard of specific heaviness classes, on the basis of ISO/TS 16976-4:2019 [17]

Klasa ciężkości pracy	Opis ciężkości pracy	Przykłady czynności i wykonywanych prac
W1	Praca lekka do umiarkowania ciężkiej, dotycząca pełnych zmian roboczych z przerwami	lekkie prace ręczne, pisanie, pisanie na maszynie, rysowanie, praca w laboratorium chemicznym, kontrola, montaż lub sortowanie lekkich materiałów, praca rąk i nóg, np. prowadzenie lekkich pojazdów, obsługa przełącznika nożnego lub pedału, wiercenie w małych elementach na stojąco, frezowanie małych części, obsługa narzędzi, do obsługi których nie potrzeba dużej siły fizycznej
W2	Praca średnio ciężka, dotycząca pełnych zmian roboczych z przerwami	eksploatacja samochodów ciężarowych, ciągników lub sprzętu budowlanego w terenie, praca młotem pneumatycznym, montaż pojazdów, tynkowanie, pielienie, odrywanie, zbieranie owoców lub warzyw, pchanie lub ciągnięcie lekkich wózków lub taczek, kucie miękkich materiałów, wchodzenie po schodach, chodzenie z prędkością do 5,5 km/h
W3	Praca bardzo ciężka i intensywna do 2 godzin bez przerw i pełnych zmian roboczych z przerwami	bardzo intensywna aktywność fizyczna; praca siekierą; prace wykopowe, wchodzenie po drabinie, wchodzenie na wzniesienia o kącie nachylenia >10%, bieganie; chodzenie z prędkością większą niż 5,5 km/h, prace z dodatkowym obciążeniem w postaci noszonego ekwipunku, przenoszenie ciężkiego materiału, odgarnianie, praca młotem kowaliskim inna niż kucie miękkich materiałów, piłowanie, heblowanie, kucie betonu i twardego drewna, koszenie ręczne, pchanie lub ciągnięcie w pełni załadowanych wózków ręcznych lub taczek, układanie bloków betonowych, murowanie, usuwanie gruzu, załadunek węgla łopatą

Tabela 2. Ustawienia sztucznych płuc w odniesieniu do różnych wartości ciężkości pracy

Table 2. Artificial lungs settings in relation to various values of the heaviness of work

Ciężkość pracy	Natężenie przepływu [l/min]	Częstotliwość [cykle/min]	Objętość [oddechowa] [dm ³]
W spoczynku*	10 ± 3%	10,0	1,0
W1	35 ± 2%	23,3	1,5
W2	65 ± 2%	32,5	2,0
W3	105 ± 2%	42,0	2,5

* Dodatkowe wymaganie ujęte w badaniach, ale nie mające odniesienia do klasyfikacji sprzętu; zgodnie z normami ISO – przyp. red.

Opór i praca oddychania oraz ciężkość pracy

Proces oddychania związany jest z wykorzystaniem mięśni oddechowych, które jak każde inne mięśnie, zużywają energię. W celu wymuszenia oddychania konieczne jest przezwyciężenie sił wynikających z właściwości mechanicznych płuc, takich jak opór elastyczny płuc, opór tarcia występujący przy ruchach płuc i klatki piersiowej oraz opór przepływu drzewa oskrzelowego. Praca niezbędna do przezwyciężenia wszystkich wymienionych sił określana jest mianem pracy oddychania [2].

W układzie oddechowym praca oddychania jest obliczana jako iloczyn zmiany objętości płuc i ciśnienia wywieranego przez drogi oddechowe. Oznacza to, że:

$$WOB = P \cdot \Delta V$$

gdzie:

WOB – praca oddychania (J)

P – ciśnienie (Pa)

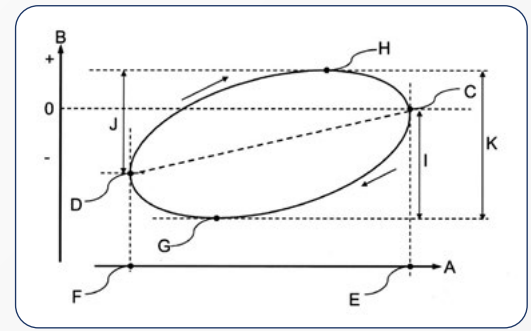
ΔV – zmiana objętości płuc (dm³).

Zmiany właściwości mechanicznych płuc lub klatki piersiowej (opis powyżej) spowodowane chorobą, mogą wpływać na wzrost wysiłku potrzebnego do oddychania. Jest tak, ponieważ mięśnie oddechowe muszą wykonywać wówczas większą pracę w długich okresach czasowych. Może zatem dochodzić do ich zmęczenia i wystąpienia niewydolności oddechowej [3,4]. Jej najczęstszą przyczyną jest proces, w którym wymiana gazowa ma niewystarczający zakres do wypełnienia metabolicznych potrzeb organizmu człowieka. Praca oddychania

zwiększa się również, gdy wykonywane są głębsze oddechy (wzrost objętości oddechowej wymaga pokonania zwiększonego oporu elastycznego płuc i tarcia z klatką piersiową). Ponadto wzrost pracy oddychania zwiększa się wraz ze wzrostem częstości oddechów, gdyż wzrost wentylacji minutowej płuc wymaga większej siły do pokonania oporów przepływu powietrza przez układ drzewa oskrzelowego.

Biorąc to pod uwagę, stosowanie sprzętu ochrony układu oddechowego, stawiającego dodatkowe opory podczas wdechu i wydechu, skutkuje wzrostem pracy oddychania niezbędnej do dostarczenia organizmowi człowieka odpowiedniej ilości tlenu i odprowadzenia dwutlenku węgla. Dlatego osoby z astmą lub innymi schorzeniami układu oddechowego nie powinny wykonywać pracy wymagającej stosowania sprzętu ochrony układu oddechowego.

Zdrowy układ oddechowy ma niezwykłą zdolność do spełnienia metabolicznych wymagań organizmu, stawianych mu podczas intensywnego wysiłku fizycznego. Duże koszty metaboliczne, przyspieszony cykl oddychania i związane z tym zwiększenie zapotrzebowania na tlen oraz wentylację minutową płuc mogą spowodować szereg ograniczeń dla zdrowego układu oddechowego, włącznie z problemami krążenia i prawidłowego funkcjonowania serca [5]. Taki sam efekt wywołać może stosowanie sprzętu ochrony układu oddechowego, którego użycie wiąże się często z bardzo wysokimi oporami przepływu powietrza i wymusza wzrost wentylacji minutowej płuc.



Rys. 1. Pętla oddechowa dla sprzętu ochrony układu oddechowego wg normy ISO 16900-12:2016

Legenda: A – oś objętości, B – oś ciśnienia, C – start fazy wdechu, D – koniec fazy wdechu, E – objętość płuc przy starcie fazy wdechu, F – objętość płuc na koniec fazy wdechu, G – maksymalne ciśnienie wdechu, H – maksymalne ciśnienie wydechu, I – ciśnienie szczytowe wdechu, J – ciśnienie szczytowe wydechu, K – suma ciśnień maksymalnych

Fig. 1. Respiratory loop for the filtering respiratory protective devices, in agreement with ISO 16900-12:2016

Legend: A – volume axis, B – pressure axis, C – inhale phase start, D – inhale phase end, E – lungs capacity in the start of the inhale phase, F – lungs capacity in the end of the inhale phase, G – maximum inhale pressure, H – maximum exhale pressure, I – inhale peak pressure, J – exhale peak pressure, K – peak pressures sum

W efekcie za niezbędne uznano wprowadzenie do wymagań zawartych w normach ISO [6-17] pojęcia „praca oddychania”. Jest ona wprost powiązana z ciężkością pracy zawodowej: im bardziej intensywna praca zawodowa, tym wyższa wentylacja minutowa płuc, wyższe opory oddychania i większa praca oddychania.

Zmieniono zatem również sposób badania i pomiaru oporu oddychania. Zamiast przepływu ciągłego/stałego o natężeniu 35 l/min i 95 l/min w przypadku wdechu i 160 l/min w odniesieniu do wydechu, zastosowano przepływ sinusoidalny, symulujący cykl oddechowy człowieka i odzwierciedlający rzeczywiste warunki użytkowania sprzętu ochrony układu oddechowego. Przykłady wykonywanych czynności oraz prac w przypadku poszczególnych klas ciężkości pracy na podstawie norm ISO przedstawiono w tabeli 1. [17]

Stanowisko do wyznaczania pracy i oporu oddychania sprzętu ochrony układu oddechowego powinno być zgodne z wymaganiami normy ISO 16900-12:2016 [10].

Stanowisko to składa się z następujących podstawowych elementów: sztucznych płuc o nastawianej pojemności od 1000 ml do 3000 ml, zaworów zwrotnych, modelu głowy, analizatorów zmian ciśnienia różnicowego o zakresie pracy od -2500 do +2500 Pa, rozdzielczości 1 Pa i częstotliwości próbkowania 100 Hz, przetwornika objętości sztucznych płuc o dokładności 1 ml, zakresie pracy 0-3 dm³ i częstotliwości próbkowania 100 Hz i jednostki sterującej i przetwarzającej dane pomiarowe. Za jego pomocą można prowadzić pomiary oporu oddychania, pracy oddychania, mocy i szczytowych wartości oporów przepływu powietrza. Pomiarowi podlega szczytowy opór oddychania, mierzony w szczycie sinusoidy oddechu – wdechu i wydechu – i praca oddychania. Zarówno badania oporu, jak i pracy oddychania powinny być prowadzone przy wentylacjach minutowych (ustawieniach) sztucznych płuc, podanych w tabeli 2., odpowiednio dopasowanych do poszczególnych klas ciężkości pracy.

Praca oraz opór oddychania obliczane są ze średniej pętli objętościowej ciśnienia, opartej na 10 kolejnych cyklach oddychania. Za opór oddychania przyjmuje się wartość ciśnienia szczytowego, mierzonego w najwyższych punktach sinusoidy oddechowej zarówno w odniesieniu do wdechu, jak i wydechu.

Praca oddychania liczona jest niezależnie od fazy wdechu, jak i od fazy wydechu, a jej wartość sumaryczną stanowi obszar obwiedziony pętlą oddechową, przedstawioną na rysunku 1. W przypadku pracy wdechu jest to obszar pomiędzy punktami CGDC, a w stosunku do wydechu – obszar DHCD. Objętość oddechową (objętość sztucznych płuc na jeden cykl) stanowi różnica pomiędzy punktami E i F. Elastancja układu, związana z elastycznością membrany lub komory sztucznych płuc, wyliczana jest jako różnica ciśnień pomiędzy punktami C i D podzielona przez objętość oddechową.

W tabeli 3. podano wymagania dotyczące pracy oddychania i ciśnienia szczytowego dla oczyszczającego sprzętu ochrony układu oddechowego wg norm serii ISO.

Wymagania dotyczące ciężkości pracy przekładają się również na pomiary innych parametrów, związanych z fizjologią – zawartością dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym, a także parametrów ochronnych takich jak penetracja elementu oczyszczającego. Wymagania wg norm ISO, dotyczące natężenia przepływu aerozolu testowego podczas badania penetracji aerozolem testowym NaCl w kontekście poszczególnych ciężkości pracy podczas użytkowania filtrującego sprzętu ochrony układu oddechowego, podano w tabeli 4. [7]

Przestrzeń martwa – zawartość dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym

Przestrzenią martwą w częściach twarzowych sprzętu ochrony układu oddechowego nazywana jest objętość gazów, gromadzących się pod częścią twarzą w strefie oddychania, nie podlegająca wymianie w procesie oddychania. Jest to bardzo istotny parametr z punktu widzenia fizjologii oddychania. Im większa przestrzeń martwa, tym więcej dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym, którego podwyższone stężenie pod częścią twarzą może prowadzić do szybkiego zmęczenia, utraty koncentracji i obniżenia zdolności psychomotorycznych użytkownika. Niezwykle istotna jest więc dokładna ocena tej przestrzeni, czemu służy parametr zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym.

Według wymagań norm ISO średnia zawartość dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym, w przypadku oczyszczającego sprzętu ochrony układu oddechowego, nie powinna przekroczyć maksymalnych wartości, podanych w tabeli 5.

Część twarzowa powinna być w sposób pewny i szczerzy zamocowana na jednym z pięciu modeli głów wg ISO 16900-9:2015 wskazanym przez producenta. Ze sztucznych płuc, ustawionych odpowiednio do wymagań, powinno być do niej dostarczone powietrze wydychane, które powinno mieć zawartość dwutlenku węgla na poziomie 5% objętościowo. Warunkami badania są otaczające warunki atmosferyczne. Do wyznaczania uśrednionej zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym powinno być wykorzystane stanowisko

Tabela 3. Praca oddychania i opór oddychania (ciśnienie szczytowe) dla oczyszczającego sprzętu ochrony układu oddechowego [10]

Table 3. Respiration output and respiration drag (peak pressure) for the filtering respiratory protective devices [10]

Ciężkość pracy	Natężenie przepływu l/min	Praca oddychania J/cykl	Ciśnienie szczytowe Pa	
			wdech	wydech
W spoczynku	10 ± 3%	0,5	300	200
W1	35 ± 2%	1,0	500	400
W2	65 ± 2%	2,0	1000	700
W3	105 ± 2%	3,0	1200	1200

Tabela 4. Natężenia przepływu aerozolu testowego podczas badania penetracji wobec aerozolu NaCl dla poszczególnych ciężkości pracy [10]

Table 4. Test aerosol flow's intensity during the examination of the penetration against NaCl aerosol for the individual work heaviness marks [10]

Ciężkość pracy	Natężenie przepływu, l/min
W1	65 (±2%)
W2	95 (±2%)
W3	135 (±2%)

badawcze, zgodne z ISO 16900-9:2015 – Metoda badawcza nr 2 [10].

Ograniczenie pola widzenia

Wymagania zawarte w normach ISO, jako dodatkowy parametr dotyczący półmasek filtrujących i zwykłych półmasek, wprowadzają tzw. ograniczenia pola widzenia, które do tej pory oceniane było jedynie subiektywnie przez uczestników badań eksploatacyjnych.

Badanie przeprowadza się z wykorzystaniem modelu głowy o rozmiarze określonym przez producenta [8,15].

Pomiar ograniczenia pola widzenia wg norm europejskich polega na odrysowaniu cienia, który powstaje na czaszy obserwacyjnej na skutek przesłonięcia przez badaną ochronę indywidualną światła pochodzącego ze źródeł umieszczonych w miejscach źrenic w modelu głowy, na którym zamocowana jest badana ochrona indywidualna, np. półmaska.

Zgodnie z metodą zawartą w wymienionych normach europejskich zmierzone pole powierzchni odrysowanego cienia porównywane z fizjologicznym polem widzenia, np. za pomocą planimetru¹. W normach ISO nie odrysowuje się cienia [9]. Pomiar polega na zliczeniu zacięzionych kropek, umieszczonych w poszczególnych sekcjach diagramu czaszy, na którą rzucany jest cień. Metoda ta jest relatywnie mniej dokładna, za to zdecydowanie bardziej powtarzalna.

Według nowych wymagań ISO z 2019 r. półmaska powinna mieć średni wynik pola widzenia (VFS) co najmniej 98. Sześć z ośmiu kropek sekcji między 20° i 30°; 340° i 350°, 150° i 160° oraz 190° i 200° w zmodyfikowanej skali VFS, przedstawionej na rys. 2., powinny znaleźć się w polu widzenia. Ponadto co najmniej dwie z czterech krytycznych kropek, które leżą w sekcji między 20° i 30°; 340° i 350°, 150° i 160° oraz 190° i 200° powinny znaleźć się w polu widzenia. W odniesieniu do każdego

¹Planimetr to przyrząd mechaniczny lub elektroniczny do wyznaczania pola powierzchni figur płaskich [przyp. red.]

Tabela 5. Maksymalna zawartość dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym [10]

Table 5. Carbon dioxide's maximum content in the exhaled air [10]

Natężenie przepływu, l/min	Maksymalne stężenie CO ₂ w powietrzu wdychanym
10 (±2%)	1,50
65 (±2%)	1,25
135 (±2%)	1,00

rozmiaru części twarzowej w stanie takim jak otrzymano – bez żadnego kondycjonowania, należy zbadać jedną próbkę.

Badania eksploatacyjne

Głównym celem prowadzenia badań eksploatacyjnych jest sprawdzenie sprzętu do ochrony układu oddechowego pod względem niedoskonałości, które nie mogą być wykryte podczas innych badań, tzn. badań parametrów ochronnych, użytkowych czy oceny organoleptycznej.

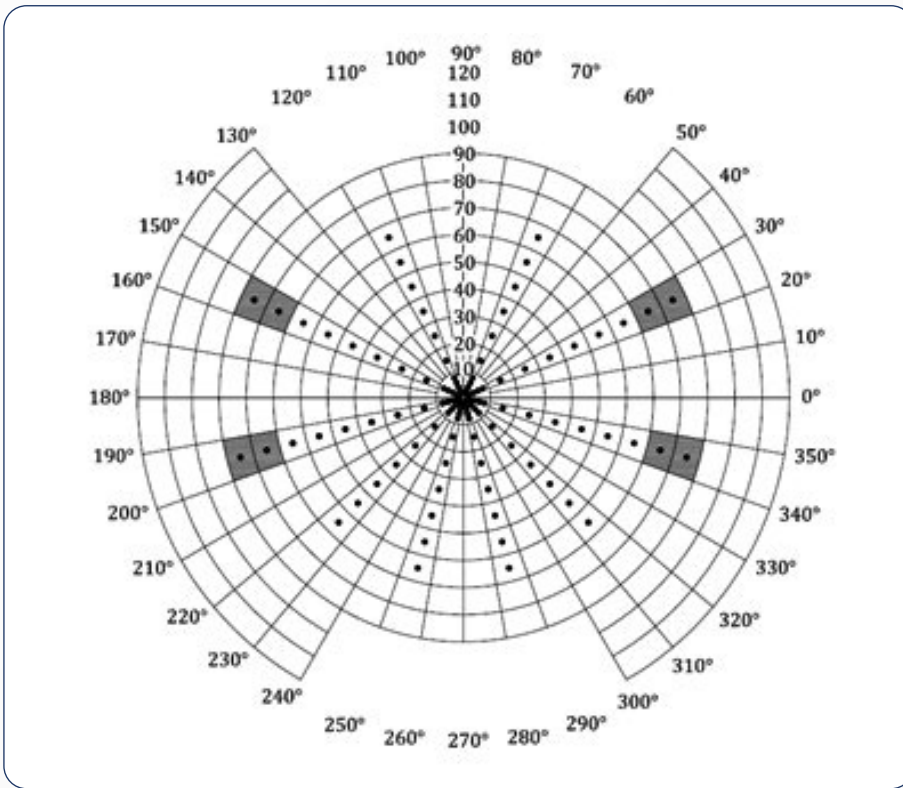
Proponowany zakres badań eksploatacyjnych rozszerzono o dodatkowy element, dotyczący oceny kompatybilności z innymi środkami ochrony indywidualnej, bowiem może mieć on wpływ na komfort użytkowania. W stosunku do wymagań zawartych w normach europejskich w odniesieniu do sprzętu filtrującego, w normach ISO podwojono liczbę uczestników, tak, aby test był przeprowadzany przez czterech uczestników zamiast tylko dwóch. Uczestnicy badań powinni być wybrani spośród osób obeznanych z użyciem takiego lub podobnego sprzętu.

W badaniach eksploatacyjnych istotne jest, aby filtrujący sprzęt ochrony układu oddechowego miał odpowiedni dla badanego rozmiar części twarzowej, zgodnie z informacjami dostarczonymi przez producenta, co umożliwi jego prawidłowe dopasowanie i późniejszą ocenę. Podczas badań każdy ich uczestnik powinien stosować się do informacji dostarczonych przez producenta sprzętu.

Ze względu na znaczenie parametrów ergonomicznych w użytkowaniu sprzętu ochrony układu oddechowego, w normach serii ISO rozszerzono zakres dotychczasowych badań eksploatacyjnych. I tak, podczas badania powinny być ocenione cztery grupy czynności (a i b) lub zjawisk (c i d), istotne w procesie użytkowania sprzętu:

- a) zakładanie/zdejmowanie,
- b) wydajność komunikacji – słuch i mowa,
- c) ograniczenie pola widzenia i podrażnienie oczu,
- d) wymagania ergonomiczne.

W odniesieniu do zakładania i zdejmowania części twarzowych i pozostałych elementów



Rys. 2. Zmodyfikowany wykres kreślenia pola widzenia – Visual Field Score (VFS) wg ISO 16900-11:2013 [9]

Fig. 2. Modified chart of the drew up field of view – Visual Field Score (VFS), in agreement with ISO 16900-11:2013 [9]

sprzętu (np. pasa z dmuchawą) należy wykazać, że wszystkie części sprzętu można zakładać i zdejmować bez utrudnień zgodnie z informacjami dostarczonymi przez producenta sprzętu ochrony układu oddechowego.

Podczas oceny możliwości porozumiewania się filtrujący sprzęt do ochrony przed nanocząstkami powinien być oceniony pod względem wydajności komunikacji słownej. Badanie powinno być przeprowadzone z użyciem liczb od „1” do „20”, wypowiadanych w kolejności losowej podczas badania, a uczestnicy powinni zrozumieć co najmniej 18 z nich.

Należy również zweryfikować, czy filtrujący sprzęt do ochrony przed nanocząstkami nie powoduje podrażnienia oczu, na przykład z powodu przepływu powietrza lub uwalniania materiałów drażniących oczy oraz czy ograniczenie pola widzenia nie utrudnia wykonywanej pracy.

Trzeba w końcu ocenić, czy filtrujący sprzęt do ochrony przed nanocząstkami został tak zaprojektowany i zbudowany, aby zapobiec wszelkim nieoczekiwanym zagrożeniom lub dyskomfortowi użytkownika z uwzględnieniem wymienionych czynników ergonomicznych:

- możliwość dopasowania do kształtu twarzy i odpowiedniego zamocowania na głowie
- podrażnienia skóry spowodowane kontaktem z materiałem sprzętu ochrony układu oddechowego
- czynniki antropometryczne – rozmiar
- czynniki biomechaniczne (rozkład masy, ograniczenie ruchów, ścieranie lub ściskanie skóry)
- efekty termiczne
- efekty sensoryczne (wzrok, słuch i mowa, zapach lub smak, dotyk lub inny kontakt ze skórą).

Uczestnicy badania powinni wypowiedzieć się w zakresie wszystkich ocenianych czynników. Sprzęt uznaje się za oceniony pozytywnie, jeżeli nie ma negatywnych komentarzy.

Podsumowanie

Nowe wymagania w zakresie parametrów ergonomicznych sprzętu ochrony układu oddechowego, które zostały przedstawione w artykule, w sposób znaczący zwiększają możliwość jego obiektywnej oceny pod względem komfortu użytkownika – co wynika z doniesień literaturowych – jest bardzo ważną kwestią dla wielu użytkowników.

Co więcej, można uznać, że wprowadzenie trzech klas ciężkości pracy umożliwia lepsze dobranie odpowiedniego sprzętu ochrony układu oddechowego do danych warunków pracy i wykonywanych czynności zawodowych, co z kolei będzie miało wpływ nie tylko na wygodę jego stosowania, ale również na wzrost skuteczności ochrony przed występującym zagrożeniem ponieważ ciężkość pracy skorelowano z odpowiedni zróżnicowanymi wartościami natężeń przepływu powietrza podczas badań penetracji, zawartości CO₂ w powietrzu wdychanym i oporu oddychania.

Ponadto normy serii ISO dla sprzętu ochrony układu oddechowego uwzględniają w coraz szerszym aspekcie elementy związane z lepszym dopasowaniem części twarzowych ww. sprzętu. Zaproponowano pięć modeli głowy i zwiększono liczbę uczestników badań całkowitego przecieku wewnętrznego do 25. Przekłada się to na wymuszenie na producentach wprowadzenia większej liczby rozmiarów części twarzowych sprzętu ochrony

układu oddechowego i zwiększenie możliwości ich prawidłowego dopasowania przez użytkowników.

Wszystkie te elementy mają wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa użytkowników sprzętu ochrony układu oddechowego i komfortu pracy w tym sprzęcie. Producenci na świecie mogą już prowadzić badania według zawartych w opisywanych normach wymaganiach.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylenia dyrektywy Rady 89/686/EWG, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 81/51.
- [2] KOEPPEN, B.M., STANTON, B.A., Berne and Levy Physiology, 6th edition, Elsevier, 2010.
- [3] CABELLO, B., MANCERO, J. Work of breathing, w: PINSKY, M.R., BROCHARD, L., MANCERO, J., HEDENSTIERNA, G. (red.), Applied physiology in intensive care medicine, 2009, 11-14.
- [4] SHYKOFF, B.E., WARKANDER, D.E., Physiologically acceptable resistance of an air purifying respirator, Ergonomics 2011, 54(12), 1186-1196.
- [5] GUENETTE, J.A., SHEEL, A.W. Physiological consequences of a high work of breathing during heavy exercise in humans, Sci Med Sport. 2007 Dec;10,6:341-50.
- [6] ISO 16900-2:2009 Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 2: Determination of breathing resistance.
- [7] ISO 16900-3:2012 Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 3: Determination of particle filter penetration.
- [8] ISO 16900-5:2016 Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 5: Breathing machine, metabolic simulator, RPD headforms and torso, tools and verification tools.
- [9] ISO 16900-11:2013 Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 11: Determination of field of vision.
- [10] ISO 16900-12:2016 Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 12: Determination of volume-averaged work of breathing and peak respiratory pressures.
- [11] ISO 16900-13:2015 Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 13: RPD using regenerated breathable gas and special application mining escape RPD: Consolidated test for gas concentration, temperature, humidity, work of breathing, breathing resistance, elastance and duration.
- [12] ISO/TS 16973:2016 Respiratory protective devices – Classification for respiratory protective device (RPD), excluding RPD for underwater application.
- [13] ISO/TS 16974:2011 Respiratory protective devices – Marking and information supplied by the manufacturer.
- [14] ISO/TS 16976-1:2015 Respiratory protective devices – Human factors – Part 1: Metabolic rates and respiratory flow rates.
- [15] ISO/TS 16976-2:2015 Respiratory protective devices – Human factors – Part 2: Anthropometrics.
- [16] ISO/TS 16976-3:2011 Respiratory protective devices – Human factors – Part 3: Physiological responses and limitations of oxygen and limitations of carbon dioxide in the breathing environment.
- [17] ISO/TS 16976-4:2012 Respiratory protective devices – Human factors – Part 4: Work of breathing and breathing resistance: Physiologically based limits.

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie służb państwowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.