

mgr KRZYSZTOF MAKOWSKI  
dr inż. KATARZYNA MAJCHRZYCKA  
Centralny Instytut Ochrony Pracy  
– Państwowy Instytut Badawczy

## Badania sprzętu ochrony układu oddechowego w aspekcie ergonomii

W artykule przedstawiono najnowsze wyniki badań parametrów ergonomicznych sprzętu ochrony układu oddechowego, opracowane na podstawie uzupełnionych, w odniesieniu do wymagań norm, badań eksploatacyjnych i wskaźnika ochrony. Dokonano także oceny wpływu warunków klimatycznych oraz oporu oddychania na komfort pracy.

### Safety and ergonomomy of respiratory protective devices for use in extremely hazards

The latest results regarding the ergonomic parameters of respiratory protective devices are put forward. The results of new worked out practical performance tests, enriched by new requirements with reference to standards and protection factors of users for the all types of RPD are presented. Estimation of the effect of climatic conditions and breathing resistance on work comfort.

### Wprowadzenie

Jedną z podstawowych zasad stosowania środków ochrony indywidualnej jest nie tylko ochrona przed zagrożeniami oraz dobór do czynników niebezpiecznych i szkodliwych występujących na stanowiskach pracy, lecz także dostrzeganie potrzeb i wymagań użytkownika.

Zasady bezpiecznego stosowania środków ochrony indywidualnej zawarte w dyrektywie 89/656/EWG zostały wprowadzone do prawa polskiego na podstawie rozporządzenia ministra pracy i polityki społecznej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [1] oraz kodeksu pracy [2].

Według art. 4 p. 3 tej dyrektywy (patrz także: załącznik 2. § 4 rozporządzenia [1]) konieczne jest, aby: „Warunki stosowania środków ochrony indywidualnej, a w szczególności czas, w którym są noszone, powinien być określony w zależności od stopnia zagrożenia, częstości narażenia na zagrożenie, cech stanowiska pracy każdego pracownika i skuteczności działania środków ochrony indywidualnej”.

Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do ochron zaliczanych do kategorii III (zgodnie z dyrektywą 89/686/EWG, która została przeniesiona do prawa polskiego rozporządzeniem ministra gospodarki, pracy i polityki społecznej z dnia 31 marca 2003 r. [3]), przeznaczonych do ochrony przed zagrożeniami życia i zdrowia, mogących powodować ciężkie i nieodwracalne skutki, których użytkownik sam nie może ocenić. Do tej grupy należy sprzęt ochrony układu oddechowego.

Dlatego właśnie zostały przeprowadzone kompleksowe badania eksploatacyjne wytypowanych środków ochrony układu oddechowego rozszerzone o obiektywny pomiar temperatury pod częścią twarzy.

Na tej podstawie opracowano wskazówki dla użytkowników w odniesieniu do podstawowych typów sprzętu ochrony układu oddechowego, stosowanych na różnych stanowiskach pracy oraz podczas akcji ratowniczych. Część opracowanych wskaźników przedstawiono w tym artykule.

### Metodyka badań

Badaniom poddano:

- aparat powietrzny butlowy w układzie podciśnienia (fot. 1.)
- aparat węzowy w układzie podciśnienia
- aparaty węzowe stałego przepływu z półmaską
- aparaty węzowe stałego przepływu z maską
- maski z elementami oczyszczającymi (fot. 2.)
- półmaski z elementami oczyszczającymi (fot. 3.)
- sprzęt filtrujący ze wspomaganym przepływem i z wymuszonym przepływem powietrza (fot. 4. i 5.).

Aby móc ocenić wpływ ekstremalnych warunków klimatycznych, zaplanowano przeprowadzenie badań w dwóch różnych warunkach temperatury i wilgotności otoczenia:

- warunki normalne – temp. 19 ÷ 22 °C i wilgotność 30 ÷ 50%

– warunki ekstremalne – temp. ok. 28 °C i wilgotność 80%.

Badania w tak określonych warunkach środowiskowych prowadzono w komorze klimatycznej stanowiącej wyposażenie Laboratorium Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego w Bytomiu.

Uczestnikami badań byli ratownicy górniczy, użytkujący w swojej pracy izolujący sprzęt ochrony układu oddechowego (głównie aparaty regeneracyjne ze



Fot. 1. Badania aparatów regeneracyjnych i aparatów powietrznych butlowych



Fot. 2. Badania masek



Fot. 3. Badania półmasek



sprężonym tlenem oraz aparaty powietrzne butlowe ze sprężonym powietrzem).

Znajomość zasad funkcjonowania tej grupy sprzętu oraz akceptacja obciążeń wynikających z jego stosowania miała szczególne znaczenie ze względu na powtarzalność wyników badań (przede wszystkim na równomierność cyklu oddechowego).

Wszystkie ćwiczenia wykonywali ci sami ratownicy, a przed rozpoczęciem badań przeprowadzono:

- wywiad lekarski
- pomiar ciśnienia i temperatury
- pomiar masy ciała
- pomiar wymiarów twarzy według zasad określonych w normach serii PN-EN.

Uczestnicy badań, wyposażeni w kompletny sprzęt ochrony układu oddechowego, wykonywali następujące czynności:

- chodzenie w wyprostowanej pozycji – 100 m
- czołganie się w tunelu o wys. 70 cm i dł. 25 m
- wchodzenie i schodzenie ze stopnia o wysokości 25 cm (30 razy)
- przenoszenie kolejno i układanie w stos drewnianych klocek o masie 10 kg
- wykonywanie przysiadów (30 razy)

Czas jednego pełnego badania: 10 min.

Zaplanowane badania eksploatacyjne różniły od standardowych badań na zgodność z wymaganiami norm europejskich, dotyczących sprzętu ochrony układu oddechowego, środowiskiem do badań. Badania standardowe mają na celu jedynie sprawdzenie wpływu temperatury na funkcjonowanie sprzętu, zgodnie z podstawowymi wymaganiami dyrektywy 89/686/EWG dot. oceny bezpieczeństwa samego wyrobu. W przypadku nowej propozycji badań eksploatacyjnych zaplanowano ocenę wpływu warunków użytkownika sprzętu na komfort pracy użytkownika, podczas wykonywania czynności symulujących praktyczne użytkowanie sprzętu w warunkach rzeczywistych.

Po badaniach uczestnicy wypełniali specjalnie opracowany kwestionariusz ankiety i oceniali sprzęt, określając:

- dopasowanie części twarzowej
- wygodę elementów nośnych
- bezpieczeństwo mocowań i połączeń
- dostępność układu regulacyjnego i manometru
- przejrzystość wizjera części twarzowej

- zrozumiałość mowy
- działanie urządzenia ostrzegawczego.

Ponadto, za pomocą termopary prowadzono pomiar temperatury pod częścią twarzową. Odczyt temperatury nastąpił przed rozpoczęciem nowej serii ćwiczeń i po jej zakończeniu.

### Wyniki badań w aspekcie rodzaju (typu) badanego sprzętu

#### Badania eksploatacyjne

Odpowiedzi uzyskane na podstawie badań ankietowych grupowano w zależności od badanego sprzętu, rodzaju części twarzowej i warunków klimatycznych. Wyniki w odniesieniu do poszczególnych grup sprzętu przedstawiają się następująco:

- W przypadku półmasek znaczący odsetek negatywnych odpowiedzi dotyczących użytkowania pojawił się dopiero w warunkach ekstremalnych i dotyczył przede wszystkim połączeń z elementem oczyszczającym oraz ograniczenia pola widzenia. Udział odpowiedzi negatywnych dotyczących wydzielenia ostrych

i nieprzyjemnych zapachów wzrósł z 20% w warunkach normalnych do 80% w warunkach ekstremalnych.

- W odniesieniu do masek znaczna liczba odpowiedzi negatywnych (60 do 80%) dotyczy ograniczenia pola widzenia, zniekształcenia obrazu przez wizjer, utrudnienia obserwacji otoczenia i zaporowywania wizjera. Na te pytania uczestnicy podobnie odpowiadali po badaniach w warunkach normalnych i ekstremalnych.

Również w przypadku masek znacząco wzrósł udział odpowiedzi negatywnych dotyczących wydzielenia ostrych i nieprzyjemnych zapachów – z 30% w warunkach normalnych do 90% w warunkach ekstremalnych.

Użytkownicy nie zgłaszali uwag dotyczących dopasowania masek i nagłowia. Pojawiły się natomiast uwagi dotyczące komfortu oraz odgnieceń i podrażnień skóry, szczególnie w warunkach ekstremalnych – 50% odpowiedzi.

- W odniesieniu do sprzętu ze wspomaganym przepływem powietrza odnotowano najmniejszą liczbę odpowiedzi negatywnych. Uzyskano niewielkie różnice pomiędzy odpowiedziami udzielanymi po badaniach w warunkach ekstremalnych i normalnych. Zastrzeżenia użytkowników budziło tylko ograniczenie pola widzenia, a uwagi negatywne, które pojawiły się w warunkach ekstremalnych dotyczyły konstrukcji nagłowia i wygody użytkownika części twarzowej.

- Aparaty regeneracyjne ze sprężonym tlenem stosowane są wyłącznie z maskami. Uwagi negatywne zgłaszane przez użytkowników dotyczyły jedynie części twarzowej w zakresie bardzo zbliżonym do opisanego powyżej, tzn. ograniczenia pola widzenia, zniekształcenia obrazu przez wizjer, utrudnienia obserwacji oto-



Fot. 4. Badania sprzętu z wymuszonym przepływem powietrza



Fot. 5. Badania sprzętu ze wspomaganym przepływem powietrza

czenia i zaparowywania wizjera. Prawie 80% użytkowników zgłosiło swoje zastrzeżenia dotyczące komfortu części twarzowej (powstawania odgnieceń i podrażnień skóry), i to zarówno w warunkach normalnych jak i ekstremalnych. Zasygnalizowano ponadto, że podwójne ciężkie węże oddechowe utrudniają poruszanie głową.

- Podobnie jak w odniesieniu do sprzętu ze wspomaganym przepływu powietrza, również w przypadku aparatów węzowych sprężonego powietrza liczba odpowiedzi negatywnych udzielanych przez użytkowników była znikoma. Różnice pomiędzy odpowiedziami udzielanymi po badaniach w warunkach ekstremalnych i normalnych były nieduże i dotyczyły jedynie części twarzowej w zakresie: ograniczenia pola widzenia, komfortu oraz wydzielania nieprzyjemnych zapachów. W odniesieniu do konstrukcji całego aparatu jedyne uwagi dotyczyły sposobu zainstalowania manometru i zaworu stałego przepływu – sygnalizowano brak bezpośredniej kontroli wzrokowej.

- Do aparatów powietrznych butlowych ze sprężonym powietrzem użytkownicy nie zgłosili żadnych negatywnych uwag odnoszących się do ich konstrukcji. Uwagi negatywne odnosiły się tylko do części twarzowej w identycznym zakresie jak w odniesieniu do aparatów węzowych i tlenowych, z tym jedynie zastrzeżeniem, że większe różnice odnotowano w odpowiedziach udzielanych po badaniach w warunkach ekstremalnych (aż 60% odpowiedzi negatywnych) i normalnych (30% odpowiedzi negatywnych).

#### **Badania zmiany temperatury pod częścią twarzową**

W tym przypadku dane grupowano według typu sprzętu, wykonywanych czynności oraz klimatu. Umożliwiło to sformułowanie następujących wniosków:

- Temperatura mierzona pod częścią twarzową po zakończeniu ćwiczeń z zastosowaniem sprzętu oczyszczającego i izolującego bez wspomaganie przepływu powietrza zawsze wzrastała, nawet o 11 °C.

- Tylko w przypadku sprzętu pracującego w układzie nadciśnienia, dzięki sta-

łemu przepływowi powietrza oddechowego odnotowywano spadek temperatury pod częścią twarzową do 3 °C.

#### **Zalecenia dotyczące doboru sprzętu ochrony układu oddechowego do różnych typów stanowisk pracy**

Poniżej przedstawiono podstawowe zalecenia dotyczące doboru odpowiedniego typu sprzętu ochrony układu oddechowego do różnych stanowisk pracy.

- *Nieznaczne przekroczenia NDS; prace lekkie niewymagające znacznego wysiłku, warunki klimatyczne normalne* – zalecany sprzęt: półmaski lub maski z elementami oczyszczającymi.

- *Duże przekroczenia NDS; prace lekkie niewymagające znacznego wysiłku, warunki klimatyczne normalne* – zalecany sprzęt: maski z elementami oczyszczającymi lub sprzęt ze wspomaganie przepływu lub z wymuszonym przepływem powietrza.

- *Nieznaczne przekroczenia NDS; podwyższona temperatura i wilgotność, wykonywanie czynności wymagających znacznego wysiłku fizycznego* – zalecany sprzęt: aparaty węzowe sprężonego powietrza o konstrukcji lekkiej.

- *Znaczne przekroczenia NDS; podwyższona temperatura i wilgotność, wykonywanie czynności wymagających znacznego wysiłku fizycznego* – zalecany sprzęt: sprzęt ze wspomaganie przepływu powietrza lub z wymuszonym przepływem.

- *Wysokie przekroczenia NDS lub brak całkowitej identyfikacji zanieczyszczeń; podwyższona temperatura i wilgotność, wykonywanie czynności wymagających znacznego wysiłku fizycznego* – zalecany sprzęt: aparaty węzowe sprężonego powietrza o konstrukcji lekkiej lub aparaty węzowe sprężonego powietrza z nadciśnieniem lub stałego przepływu.

- *Ratownictwo – brak możliwości pełnej identyfikacji występujących zagrożeń* – zalecany sprzęt: sprzęt izolujący w postaci aparatów powietrznych butlowych

ze sprężonym powietrzem, pracujących w układzie nadciśnienia.

#### **Podsumowanie**

Sprawność procesów energetycznych organizmu człowieka podczas pracy fizycznej wynosi tylko ok. 20%. Oznacza to, że 80% energii zamienia się w ciepło, powodując dodatkowe obciążenie organizmu, który musi uruchomić mechanizmy termoregulacji pozwalające usunąć nadmiar ciepła. Ten fakt ma szczególne znaczenie w środowisku o podwyższonej temperaturze i wilgotności, w którym chłodzenie organizmu jest utrudnione, a obciążenie wzrasta.

Jak wykazano w wyniku realizacji prezentowanych badań, stosowanie sprzętu ochrony układu oddechowego zawsze wiąże się ze wzrostem obciążenia organizmu użytkownika, szczególnie gdy praca odbywa się w środowisku o podwyższonej wilgotności i temperaturze.

Z tego względu konieczne jest w każdym przypadku przeprowadzenie przez pracodawcę odpowiedniego indywidualnego doboru sprzętu ochrony układu oddechowego i ustalenie zasad jego użytkowania na konkretnych stanowiskach pracy.

#### **PIŚMIENNICTWO**

[1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Tekst jedn. DzU 2003, nr 169, poz. 1650, które wprowadziło do prawa polskiego dyrektywę Rady nr 89/656/EWG z dnia 30 listopada 1989 r. o minimalnych wymaganiach bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dotyczących stosowania przez pracowników środków ochrony indywidualnej w miejscu pracy

[2] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 – Kodeks pracy. Tekst jedn. DzU 1998, nr 21, poz. 94 z późn. zm.

[3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 31 marca 2003 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej. DzU 2003, nr 80, poz. 75, które wprowadziło do prawa polskiego dyrektywę Rady nr 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej.

*Opracowano w ramach prac upowszechniających wyniki realizacji projektu celowego zamawianego nr 16-21, dofinansowywanego ze środków Komitetu Badań Naukowych oraz Ministerstwa Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej*

