

BADANIA OBCIĄŻENIA TERMICZNEGO RATOWNIKÓW GÓRNICZYCH WYPOSAŻONYCH W APARATY ROBOCZE P-30EX

18.1 OBCIĄŻENIE TERMICZNE

Badania nad obciążeniem termicznym prowadzi wiele instytucji polskich i zagranicznych od dziesiątek lat. Dzięki prowadzonym studiom i wykorzystaniu wcześniejszych wyników przedstawiono dokument ISO 7933 z 2004 roku: „Ergonomia środowiska gorącego. Analityczne określenie i interpretacja stresu cieplnego z wykorzystaniem obliczeń przewidywanego obciążenia cieplnego”, który przeznaczony jest dla służb bhp, ergonomii i fizjologii pracy. Powstało również wiele norm dotyczących oceny zagrożeń występujących w miejscu pracy. W przygotowywaniu i nowelizacji odpowiednich dokumentów uczestniczą zespoły specjalistów, przede wszystkim fizjologów, z kilku krajów Unii Europejskiej, konsultujące projekty z wiodącymi instytucjami badawczo-rozwojowymi na świecie. Zmiany w zapisach tych dokumentów wynikają głównie z postępu uzyskanego w badaniach.

Wśród głównych postawionych zadań do realizacji należy wymienić opracowanie:

- zasad wyznaczania czasu ekspozycji, który należy wiązać z czasem pracy, w sposób uwzględniający różnice osobnicze związane z wydzielaniem potu połączonym z wymianą ciepła i utratą wody oraz ze wzrostem temperatury wewnętrznej ciała,
- metody określenia temperatury skóry ciała pracownika w zależności od podstawowych parametrów charakteryzujących warunki i środowisko, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości ubrania roboczego,
- wpływu ubrania roboczego na procesy wymiany ciepła między pracownikiem a otoczeniem,
- dynamiki procesów przejściowych wymiany ciepła między strojem osoby wykonującej pracę a otoczeniem, a w szczególności zachodzących bezpośrednio po podjęciu wysiłku o określonym wydatku energetycznym zmian temperatury wewnętrznej ciała w neutralnym termicznie otoczeniu, zmian średniej temperatury skóry ciała podczas pracy oraz strumienia wydzielanego i odparowującego potu,
- wartości współczynnika efektywności wydzielania i parowania potu, szczególnie w warunkach ekstremalnych, gdy całą powierzchnię skóry pokrywa pot.

Ponadto uwzględnienia wymagały wyniki zakończonych i opublikowanych prac z obszaru merytorycznego modelu PHS.

Obliczenia zalecane w ISO 7933 [3] dotyczą zmian parametrów organizmu,

wynikających z intensywności wysiłku fizycznego oraz możliwości odbioru ciepła z organizmu człowieka przez otoczenie. Proponowane metody należą do modelowania numerycznego stosowanego w fizjologii. Podobne metody opracowywane są w ramach działalności Amerykańskiego Stowarzyszenia Inżynierów Ogrzewnictwa, Chłodnictwa i Klimatyzacji (ASHRAE).

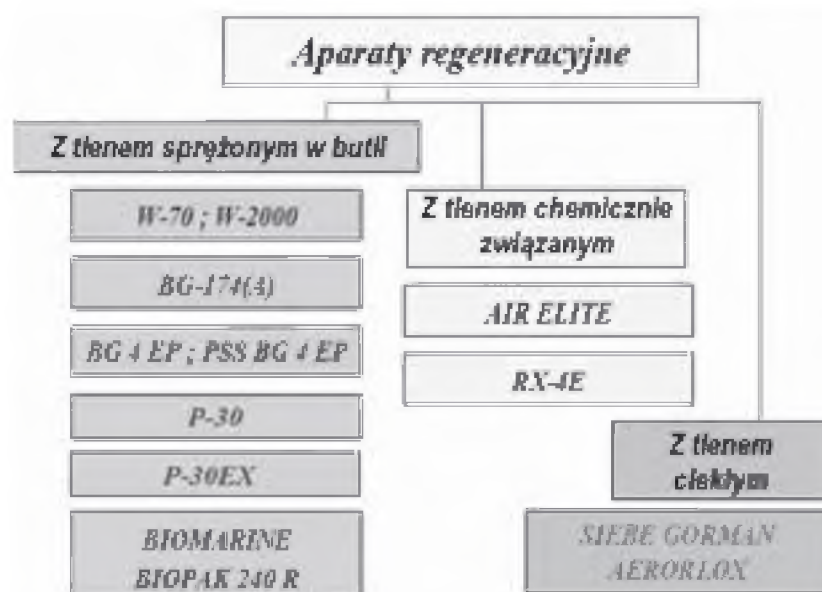
Obciążenie termiczne [2], jakiemu poddany jest człowiek znajdujący się w środowisku gorącym zależy od ciepła wytwarzanego wewnątrz organizmu człowieka w wyniku pracy fizycznej oraz od właściwości środowiska, które warunkują wymianę ciepła między ciałem człowieka a jego otoczeniem.

W warunkach komfortu termicznego ilość ciepła wytwarzana przez organizm jest równoważona przez ilość ciepła oddawaną do środowiska. W celu prawidłowego określenia obciążenia termicznego pracowników w wyrobiskach górniczych pomocna jest znajomość parametrów fizjologicznych charakteryzujących to obciążenie oraz sposób ich pomiaru [1, 4].

Wybór mierzonych wskaźników i stosowanych technik zależy od osób odpowiedzialnych za zdrowie pracowników. Osoby te powinny uwzględnić nie tylko warunki termiczne, ale także stopień akceptacji tych pomiarów przez pracowników, których to dotyczy. Należy podkreślić, że bezpośrednie pomiary z udziałem ludzi mogą być przeprowadzone jedynie z uwzględnieniem dwóch warunków:

- badana osoba jest w pełni poinformowana o dyskomforcie i potencjalnym ryzyku związanym z techniką pomiarową, oraz dobrowolnie wyraża zgodę na takie pomiary,
- pomiary nie powodują ryzyka dla badanej osoby, które jest niedopuszczalne w świetle ogólnych lub szczegółowych norm etycznych.

18.2 SPRZĘT RATOWNICZY DO OCHRONY UKŁADU ODDECHOWEGO STOSOWANY W BADANIACH [5]



Rys. 18.1 Aparaty regeneracyjne – podział i przykłady aparatów

Źródło: opracowanie własne

W zakładzie górniczym powinien być stosowany wyłącznie sprzęt ratowniczy do

ochrony układu oddechowego, dopuszczony do stosowania na podstawie odrębnych przepisów. Stan tego sprzętu, a także innych urządzeń niezbędnych do prowadzenia akcji ratowniczej powinien w szczególności zapewnić:

1. skuteczne prowadzenie prac ratowniczych,
2. bezpieczeństwo ludzi podczas likwidacji zagrożenia, zwłaszcza podczas wykonywania prac niebezpiecznych wymagających użycia sprzętu specjalistycznego.

Na rysunku 18.1 przedstawiono podział i przykłady aparatów roboczych używanych w ratownictwie górniczym, straży pożarnej i innych służbach ratowniczych.

Aparat P-30EX [6]

Aparat tlenowy P-30EX (rys. 18.2), w który byli wyposażeni ratownicy podczas ćwiczeń, jest następcą znanego na całym świecie modelu respiratora DZGA P-30, dotychczas będącego na wyposażeniu ponad 10 tysięcy ratowników górniczych i strażaków w 20-tu krajach świata.



Rys. 18.2 Aparat P-30EX i jego dane techniczne [6]

Jego podstawowe zalety to: gwarantowany czas ochronnego działania, małe wymiary i waga oraz łatwa i niezawodna mechaniczna konstrukcja, nie zawierająca elektroniki i elementów zasilania. W konstrukcji aparatu uwzględniono uwagi i komentarze, otrzymane od profesjonalnych użytkowników modelu P-30 z całego świata, w ciągu ponad 30 lat eksploatacji na rynku. Uwzględniono również wymagania współczesnych standardów dla aparatów oddechowych tego typu.

Aparat P-30EX wyposażono w dwa całkowicie mechaniczne urządzenia alarmujące, które powiadamiają użytkownika o braku ciśnienia w układzie (zamknięty zawór butli lub całkowicie pusta butla), a także o niedopuszczalnym spadku ciśnienia w butli, który oznacza konieczność natychmiastowego opuszczenia strefy niebezpiecznej. Oprócz tego, zgodnie z wymaganiami europejskiego standardu EN 145, aparat nie zawiera aluminiowych części,

jego elementy zostały wypełnione materiałami antystatycznymi, a nowy ergonomiczny układ zawieszenia jest ognioodporny. Dzięki zastosowaniu technologicznie zaawansowanej kompozytowej butli tlenowej, konstruktorom udało się osiągnąć niską masę i wymiary. Aparat P-30EX nie wymaga użycia narzędzi do demontażu i obsługi serwisowej, elementy konstrukcji są łatwo demontowalne, proste w myciu, dezynfekcji i suszeniu (rys. 18.3). Nie wymaga również stosowania specjalnych smarów do prawidłowej pracy. Aparat w pełni można łączyć z większością dostępnych na rynku urządzeń i narzędzi, przeznaczonych do kontroli sprawności jego pracy, a sama procedura kontroli odpowiada ogólnie przyjętym zasadom.



Rys. 18.3 Części składowe aparatu P-30EX [6]

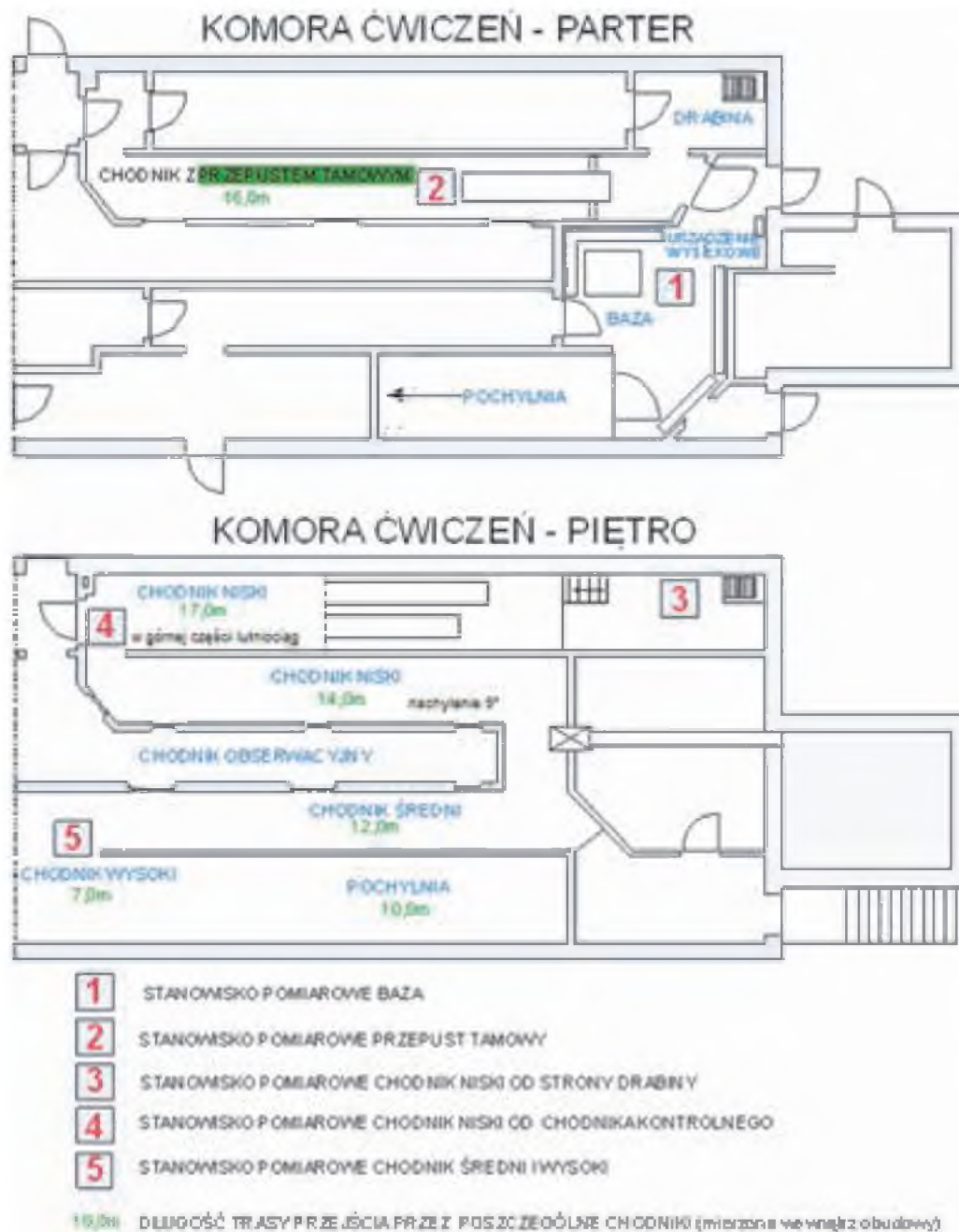
Aparat jest dostarczany w zestawie z pełnotwarzową maską z przyłączem DZGA ZIR-1, odpowiadającą wymaganiom europejskiego standardu EN 136. Aparat może być stosowany również z innymi maskami pełnotwarzowymi z przyłączem zgodnymi z wymaganiami EN 136.

18.3 METODYKA BADAŃ

Wszystkie badania wykonano w komorze ćwiczeń Kopalnianej Stacji Ratownictwa Górniczego KWK „Bolesław Śmiały” (rys. 18.4.). Budowa i wyposażenie komory ćwiczeń umożliwia uzyskanie określonych parametrów mikroklimatu, i co bardzo istotne utrzymanie ich na niezmiennym poziomie przez dłuższy okres czasu.

Zamiarem prowadzących badania było uzyskanie warunków klimatycznych, jak najbardziej zbliżonych do rzeczywistych warunków panujących pod ziemią przy prowadzeniu

prac ratowniczych. Z uwagi na fakt, iż na co dzień w komorze prowadzone są ćwiczenia ratownicze, komora ta zbudowana jest zgodnie z określonymi zasadami i wyposażona w wymagane urządzenia techniczne. Cała strefa była wyposażona w oświetlenie. Na całej długości chodnika ćwiczebnego (w równych odstępach) były zainstalowane urządzenia pomiarowe (termohigrometry). Zainstalowano także urządzenia pozwalające na awaryjne opuszczenie strefy ćwiczeń. W celu opracowania prawidłowej metodyki badań, przed przystąpieniem do zasadniczych badań, przeprowadzono pomiary wstępne wraz z ich szczegółową analizą. Analiza wyników pomiarów pozwoliła na prawidłowe ukierunkowanie badań w ich zasadniczej części.



Rys. 18.4 Komora ćwiczeń KSRG „Bolesław Śmiały”

Źródło: opracowanie, K. Walus, K. Słota

Założony cel pracy, wymusił w sposób zasadniczy wybór metodyki badań, a w szczególności dobór pracowników, rodzaju ćwiczeń, czasu ich trwania i parametrów mikroklimatu, w których powinny być wykonane badania.

Parametry klimatyczne panujące w komorze kształtowały się następująco:

- Stanowisko 1: urządzenie wysiłkowe (baza) - $t_s=28,0^{\circ}\text{C}$; $\square=30\%$;
- Stanowisko 2: przepust tamowy - $t_s=29,0^{\circ}\text{C}$; $\square=50\%$.
- Stanowisko 3: chodnik niski (drabina) - $t_s=32,0^{\circ}\text{C}$; $\square=58\%$;
- Stanowisko 4: chodnik niski - $t_s=34,5^{\circ}\text{C}$; $\square=60\%$;
- Stanowisko 5: chodnik średni/wysoki - $t_s=34,0^{\circ}\text{C}$; $\square=70\%$.

Do ćwiczeń wytypowano grupę pięciu ratowników górniczych o zróżnicowanych parametrach fizycznych i różnym stażu ratowniczym. W każdym kolejnym dniu badań skład ten nie ulegał zmianie. Miało to na celu zbadanie wpływu trudnych warunków mikroklimatu przy różnych rodzajach aparatów roboczych na parametry fizjologiczne organizmu, a co za tym idzie określenie obciążenia termicznego. Przed przystąpieniem do ćwiczeń, u każdego z pracowników, przeprowadzane było podstawowe badanie lekarskie. Całe ćwiczenie w założeniach odzwierciedlać miało typowe prace ratownicze pod ziemią. Przebieg ćwiczenia wyglądał następująco:

Przebieg ćwiczeń:

- Założenie linki ratowniczej długości 15 m;
- Dojście do ciężarka. Ćwiczenie wysiłkowe – podnoszenie ciężarka 10x;
- Wejście po drabinie do chodnika niskiego;
- Przejście przez odcinek lutni $\varnothing 800$ mm długości 15 m;
- Przejście przez chodnik niski;
- Przejście przez chodnik niski o nachyleniu $+9^{\circ}$;
- Przejście przez chodnik średni;
- Przejście przez chodnik wysoki o nachyleniu -15° ;
- Przejście do bazy. Wypięcie się z linki ratowniczej;
- Przejście do przepustu tamowego 800 mm, otwarcie kłapy i drzwi przepustu;
- Przejście przez przepust tamowy wraz z transportem 4 odcinków rury $\varnothing 100$ mm;
- Skręcenie rur w chodniku niskim za przepustem;
- Transport 10 sztuk kostki przez przepust tamowy do bazy, zamknięcie drzwi przepustu;
- Odpoczynek – pomiar temperatur (skóry i ucha) oraz tętna i ciśnienia w butlach;
- Przejście do przepustu tamowego $\varnothing 800$ mm, otwarcie drzwi;
- Transport 10 sztuk kostki przez przepust tamowy do chodnika niskiego;
- Rozkręcenie 4 odcinków rur $\varnothing 100$ mm i ich transport przez przepust tamowy. Zamknięcie drzwi przepustu i kłapy;
- Penetracja wyrobisk wraz z zainstalowaniem linii łączności ratowniczej i pomiarami parametrów atmosfery;
- Wejście po drabinie do chodnika niskiego;
- Przejście przez chodnik niski, pomiar parametrów atmosfery na stanowisku pomiarowym nr 1 i podanie ich do bazy przy użyciu łączności ratowniczej;
- Przejście przez chodnik niski o nachyleniu $+9^{\circ}$;

- Przejście przez chodnik średni, pomiar parametrów atmosfery na stanowisku pomiarowym nr 2 i podanie ich do bazy przy użyciu łączności ratowniczej;
- Przejście przez chodnik wysoki o nachyleniu -15° ;
- Dojście do bazy;
- Koniec ćwiczeń – pomiar temperatur (skóry i ucha) oraz tętna i ciśnienia w butlach.

Cały przebieg ćwiczeń był na bieżąco monitorowany. Dodatkowym zabezpieczeniem była linka, dająca możliwość ćwiczącym przerywania testu w dowolnym momencie (na przykład, gdyby pracownik źle się poczuł). W przypadku uruchomienia zabezpieczenia nawiew ciepłego powietrza do komory zostałyby przerwane i włączyłaby się dodatkowa wentylacja.

Opieka medyczna dyżurnego lekarza była zapewniona przez cały czas ćwiczeń – lekarz decydował o dopuszczeniu pracowników do ćwiczeń. Podczas ćwiczeń w Kopalnianej Stacji Ratownictwa Górniczego środowisko określono jako ciepłe i gorące, gdyż odzwierciedlało to stan faktyczny, z jakim mają do czynienia pracownicy pod ziemią.

Z tego względu, potrzebne do badań i obliczeń parametry fizjologiczne organizmu to:

- ciśnienie tętnicze krwi (mierzone na początku i na końcu ćwiczeń),
- tętno (mierzone przed ćwiczeniami, po każdej serii oraz na koniec ćwiczeń),
- ilość wydzielonego potu (na podstawie utraty masy ciała podczas ćwiczeń),
- temperatura skóry i temperatura wewnętrzna (mierzone na początku, w trakcie i na końcu ćwiczeń).

Dodatkowo określone były takie wartości, jak:

- przybliżony wydatek energetyczny,
- temperatury termometru suchego i wilgotnego oraz wilgotność względna powietrza w poszczególnych miejscach komory ćwiczeń,
- prędkość powietrza,
- czas wykonywania ćwiczeń i ilość powtórzeń,
- sposób ubrania i rodzaj używanego sprzętu,
- aklimatyzacja, masa ciała i wiek pracownika,
- współczynnik BMI (Body Mass Index),
- zawartość tłuszczu i wody w organizmie.

Dodatkowym elementem badań w KSRG było wypełnianie ankiet przez biorących udział w ćwiczeniach.

Do badań użyto aparatu roboczego P-30EX dostarczonego przez DZGA Polska Sp. z o.o. Podczas badań zmianie ulegała tylko odzież robocza, w jaką byli ubrani ratownicy biorący udział w badaniach. Wykorzystano tutaj standardową odzież ratowniczą z włókien naturalnych oraz tzw. „odzież chemiczną” (NOMEX). Czas wykonywania ćwiczeń mierzono za pomocą stoperów. Ciśnienie tętnicze krwi przed przystąpieniem do ćwiczeń mierzono za pomocą ciśnieniomierza naramiennego. Temperatura powierzchni skóry oraz wewnętrzna mierzona była za pomocą termometrów cyfrowych.

Pomiar pulsu odbywał się za pomocą zdublowanego systemu pulsometrów. Na standardowym wyposażeniu ratowników znajdują się pulsometry naręczne, którymi była dokonywana bieżąca kontrola pulsu. Dodatkowo wszyscy badani wyposażeni zostali w pulsometry z ciągłą rejestracją pulsu. Dane z tych pulsometrów posłużyły do późniejszych

analiz (m.in. obciążenia termicznego). Były to pulsometry Suunto Memory Belt (rys. 18.5). Zebrane w ten sposób dane posłużyły do dalszej analizy. Wykonane zostały obliczenia wydatku energetycznego zgodnie z normą PN-EN ISO 8996 w oparciu o zgromadzone dane częstości tętna z uwzględnieniem wieku i masy ciała badanych górników.



Rys. 18.5 Pulsometr Suunto Memory Belt wraz ze stacją dokującą

Źródło: www.suunto.com

18.4 WYNIKI BADAŃ, ANALIZA, WNIOSKI

Wykresy (rys. 18.6 do 18.8) przedstawiają uzyskane wyniki uzyskane w trakcie prowadzenia pomiarów.

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników dokonano ich analizy.

Masa ciała ratowników wynosiła od 83 do 107 kg, a wzrost od 178 do 190 cm. Obliczony wskaźnik BMI wahał się od 23,3 do 33,0.

Przed przystąpieniem do ćwiczeń temperatura skóry zawierała się w granicach od 35,7 do 36,4°C, a temperatura wewnętrzna od 36,2 do 37,9°C.

Ciśnienie tętnicze krwi przed przystąpieniem do ćwiczeń u wszystkich badanych było prawidłowe.

Puls na początku ćwiczeń wahał się od 60 do 102 ud./min.

Po zakończeniu ćwiczeń masa ciała zmniejszyła się od 0,5 do 1,5 kg (dla zestawu I) i od 0,6 do 1,3 kg (dla zestawu II).

Temperatura skóry zmieniała się w zakresie od 0,3 do 1,4°C (dla zestawu I) i od -0,2 do 0,9°C (dla zestawu II).

Temperatura wewnętrzna przyrastała w zakresie od -1,3 do 0,0°C (dla zestawu I) i od -0,3 do 1,7°C (dla zestawu II).

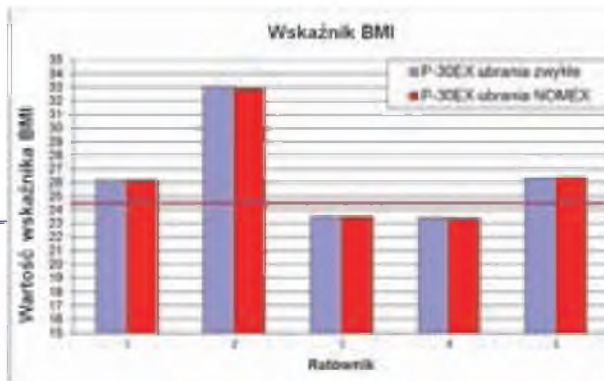
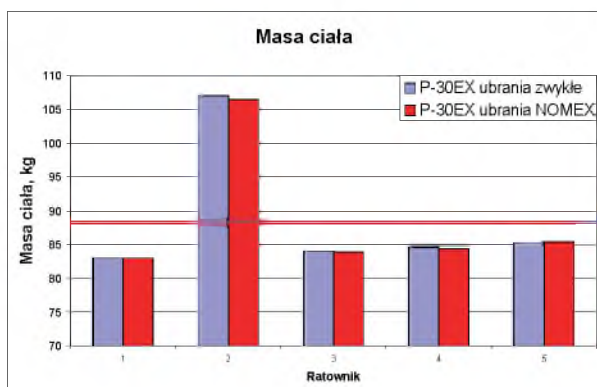
Przyrost pulsu zawierał się w granicach od 26 do 6 ud./min (dla zestawu I) i od 24 do 48 ud./min (dla zestawu II).

Średnia utrata masy ciała (ilość wydzielonego potu) podczas ćwiczeń wyniosła 1,02 kg (dla zestawu I) i 0,92 kg (dla zestawu II).

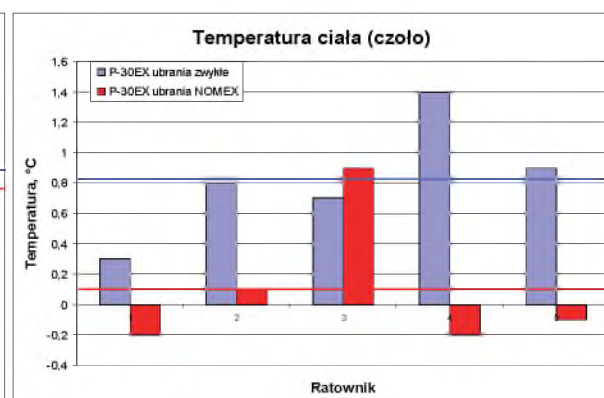
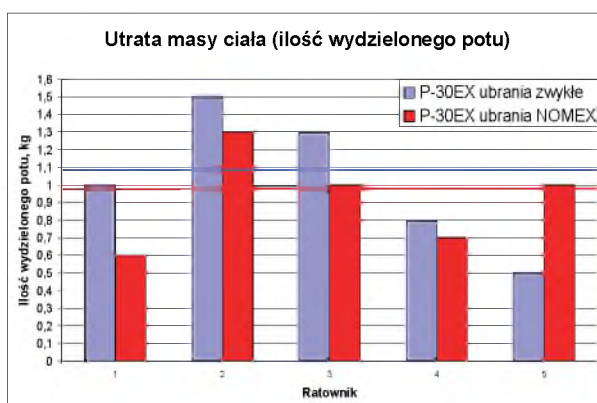
Średni wzrost temperatury skóry podczas ćwiczeń wyniósł 0,82°C (dla zestawu I) i 0,10°C (dla zestawu II).

Średnia zmiana temperatury wewnętrznej podczas ćwiczeń wyniosła -0,70°C (dla zestawu I) i 0,62°C (dla zestawu II).

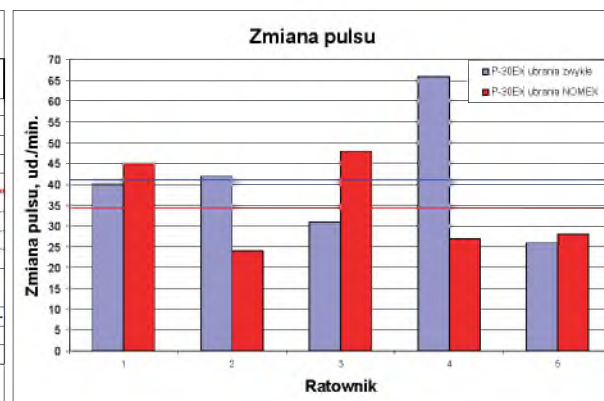
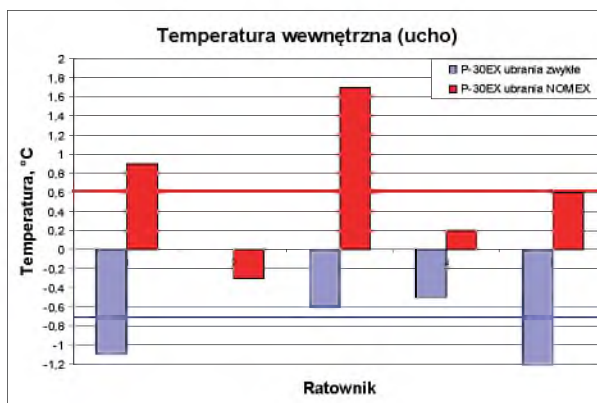
Średni przyrost pulsu wyniósł 41,0 ud./min (dla zestawu I) i 34,4 ud./min (dla zestawu II).



Rys. 18.6 Masa ciała ratowników biorących udział w badaniach przed ćwiczeniami oraz wartość wskaźnika BMI ratowników biorących udział w badaniach



Rys. 18.7 Ilość wydzielonego potu (utrata masy ciała) podczas ćwiczeń oraz zmiana temperatury powierzchni skóry ratowników podczas ćwiczeń



Rys. 18.8 Zmiana temperatury wewnętrznej ratowników podczas ćwiczeń oraz przyrosty tętna ratowników

Na podstawie przeprowadzonej ankiety i wywiadów stwierdzono, że:

- wiek badanych ratowników wynosił od 22 do 43 lat, średnio 31 lat; staż pracy wahał się od 2 do 25 lat, średnio wyniósł 12 lat; staż ratowniczy kształtował się w granicach od roku do 15 lat, średnio 6 i pół roku,
- 40% ratowników odczuwało wpływ trudnych warunków klimatycznych (wysokiej temperatury i wilgotności) na swój organizm podczas pracy,

- aklimatyzacja do trudnych warunków klimatycznych w miejscu pracy po krótkiej (do 7 dni) przerwie w pracy wynosi wg respondentów średnio 1 dzień, po dłuższej (3-4 tyg. – np. urlop, zwolnienie lekarskie) przerwie w pracy – 2 dni,
- wszyscy badani zgodnie twierdzili, że najbardziej pocili się przy zestawie II (odzież NOMEX),
- ich zdaniem największy przyrost pulsu i temperatury był również przy zestawie II, a na pytanie o najlepsze samopoczucie po ćwiczeniach ankietowani udzielił zgodnej odpowiedzi, że był to zestaw I.

Na uwagę zasługuje fakt stosunkowo niewielkich przyrostów temperatury wewnętrznej (w niektórych przypadkach nawet jej obniżenie). Jest to spowodowane prawdopodobnie tym, że aparat wyposażono w bardzo wydajne wkłady lodowe. Przyrosty tętna są typowe dla wysiłku, który charakteryzuje takie ćwiczenia. Oczywiście w przypadku wyposażenia ćwiczących w ubrania tzw. „chemiczne” (NOMEX) przyrosty wszystkich mierzonych parametrów są większe. Ubrania takie ograniczają znacznie możliwość wymiany ciepła człowieka z otoczeniem poprzez parowanie potu, promieniowanie i konwekcję. Prowadzi to do akumulacji ciepła metabolizmu w organizmie człowieka. Mierzone podczas ćwiczeń parametry pośrednio określają wielkość obciążenia termicznego organizmu. Osoby badane używające aparatów typu P-30EX doświadczały podczas ćwiczeń stosunkowo niewielkiego stresu cieplnego, przez co zmniejszało się ryzyko wystąpienia ewentualnego udaru cieplnego. Należy pamiętać, że ratownicy górniczy wykonują często pracę w bardzo trudnych warunkach klimatycznych i każdy środek prowadzący do zmniejszenia obciążenia termicznego zasługuje na uwagę.

Autorzy przeprowadzili badania na podstawie opracowanej metodyki, a uzyskane wyniki powinny być powtarzalne dla zawartych tam warunków brzegowych.

Badania dotyczyły tylko wpływu rodzaju aparatu na obciążenie termiczne organizmu ratowników górniczych. Nie były tutaj brane pod uwagę takie parametry, jak: parametry techniczne, sposób obsługi oraz aspekty ekonomiczne zakupu i eksploatacji.

W zamierzeniach autorów, badania powinny być pomocne decydentom, przed którymi stoi zadanie zakupu nowych aparatów, szczególnie w sytuacji, w której zaprzestano produkcji tak popularnego aparatu W-70. Autorzy nie wskazują tutaj konkretnego aparatu. Zakup nowych aparatów jest często uzależniony od wielu innych czynników, które nie były brane pod uwagę podczas przeprowadzonych badań, a mogą okazać się decydujące (np. cena).

LITERATURA

1. Hansen A.: Ergonomiczna analiza uciążliwości pracy, wyd. II, Wyd. CRZZ, Warszawa 1970.
2. PN-85/N-08011 (tłum. z ISO 7243-1982): Środowiska gorące. Wyznaczenie obciążeń termicznych działających na człowieka w środowisku pracy, oparte na wskaźniku WBGT, 1982.
3. PN-EN ISO 7933: Ergonomia środowiska termicznego – Analityczne wyznaczenie i interpretacja stresu cieplnego z wykorzystaniem obliczeń przewidywanego obciążenia termicznego. 2005.
4. PN-EN ISO 9886: Ergonomia – Ocena obciążenia termicznego na podstawie pomiarów fizjologicznych. 2005.

5. Zasoby internetowe: www.wug.gov.pl, www.csrg.bytom.pl, www.faser.com.pl, www.draeger.com, www.biomarineinc.com, inne.
6. Materiały dostarczone przez DZGA Polska Sp. z o.o.

BADANIA OBCIĄŻENIA TERMICZNEGO RATOWNIKÓW GÓRNICZYCH WYPOSAŻONYCH W APARATY ROBOCZE P-30EX

Streszczenie: *Zagrożenie klimatyczne bardzo często współwystępuje z innymi zagrożeniami. Szczególnie podczas prowadzenia akcji ratowniczych ratownicy górniczy dodatkowo narażeni są na niebezpieczeństwo związane z zagrożeniem pożarowym, wybuchem metanu i pyłu węglowego. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki z wykonanej pracy naukowo-badawczej z zakresu badania obciążenia termicznego ratowników górniczych wyposażonych w aparat regeneracyjny z tlenem sprężonym w butli.*

W opracowaniu wyjaśniono pojęcie obciążenia termicznego, poruszono temat aparatów regeneracyjnych (rodzaje, budowa, parametry), przedstawiono metodykę badań, uzyskane wyniki oraz ich analizę.

Słowa kluczowe: *ratownictwo górnicze, obciążenie termiczne, bilans cieplny, bezpieczeństwo pracy*

Krzysztof SŁOTA, Zbigniew SŁOTA, Anna MORCINEK-SŁOTA

Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii

Instytut Eksploatacji Złóż

ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice

tel. +4832 2371450; +4832 2371136

e-mail: krzysztof.slota@polsl.pl; zbigniew.slota@polsl.pl; anna.morcinek-slota@polsl.pl