

dr inż. GRAŻYNA BARTKOWIAK
 dr ANNA MARSZAŁEK
 mgr inż. ANNA DĄBROWSKA
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy

Obciążenie cieplne pracowników w gorącym środowisku pracy i sposoby jego redukcji



Według danych GUS z 2011 r., w Polsce w warunkach zagrożenia mikroklimatem gorącym pracuje blisko 20 tys. osób. Z uwagi na szkodliwy wpływ długotrwałej pracy w warunkach wysokiej temperatury na funkcjonowanie organizmu pracownika, niezbędna jest identyfikacja gorących stanowisk pracy oraz podejmowanie prób minimalizacji obciążenia cieplnego pracowników.

W niniejszym artykule opisano sposób oceny obciążenia cieplnego osób pracujących w środowisku gorącym zgodnie z PN-EN 27243:2005 (określenie współczynnika WBGT), a także przedstawiono warunki panujące na wybranych gorących stanowiskach pracy: w elektrociepłowni, hucie, piekarni i cukierni oraz górnictwie.

Thermal load of employees working in hot environment and methods of its reduction

According to the data from the Central Statistical Office from 2011, approx. 20 thous. people in Poland are exposed to the risk of working in hot microclimate. Due to the harmful effects on the functioning of the human organism of a long-term work under high temperatures, it is necessary to identify hot workplaces and to try to minimize the heat load of employees. This article describes how to evaluate the thermal load of people working in a hot environment, in accordance with PN-EN 27243:2005 (determination of WBGT coefficient), as well as the terms and conditions prevailing on the selected hot workplaces: the heat and power plant, steelworks, bakery and confectionery, and mining.

Wstęp

Wiele tysięcy osób pracuje w Polsce w warunkach gorącego środowiska, m.in. w przemyśle metalurgicznym, szklarskim, w górnictwie oraz latem w czasie upałów w przestrzeni otwartej. Na wielu stanowiskach w gorącym środowisku pracownicy narażeni są na czynniki niebezpieczne w postaci promieniowania podczerwonego, rozprysków płynnego metalu i odprysków gorącego metalu, gorących przedmiotów. Dodatkowe obciążenie spowodowane jest przez odzież ochronną, często wykonaną z materiałów aluminizowanych, nieprzepuszczających pary wodnej.

Badania wykazały, że długotrwała praca w środowisku gorącym powoduje nie tylko odczuwalny stres cieplny i zmęczenie, ale również zaburzenia w funkcjonowaniu układu krwionośnego, skutkującego powstawaniem chorób zawodowych [1]. Stwierdzono również, że liczba niebezpiecznych zachowań oraz wypadków na stanowiskach pracy rośnie wraz ze wzrostem temperatury środowiska pracy oraz intensywności pracy [2].

W literaturze dotyczącej zagadnienia zagrożeń spowodowanych narażeniem pracowników na długotrwałe działanie środowiska gorącego podkreśla się, że niezbędne jest eliminowanie lub ograniczanie akumulacji ciepła w organizmie. Niestety, na większości

gorących stanowisk pracy nie można wprowadzić systemów klimatyzacyjnych ze względu na prowadzone procesy technologiczne bądź duże przestrzenie. Wobec braku innych możliwości chłodzenia organizmu pracownika podczas pracy, rozwiązaniem mogą być indywidualne systemy chłodzenia organizmu, takie jak np. indywidualna, lokalna klimatyzacja lub odpowiednia zabudowa sprzyjająca zachowaniu odpowiedniej temperatury.

W artykule przedstawiono warunki pracy w niektórych zakładach, w których występuje gorące środowisko, a także omówiono rozwiązania związane z odbieraniem ciepła od pracownika narażonego na duże obciążenie tym środowiskiem.



Fot. 1. Spust surówki z wielkiego pieca; pierwszy garowy, w kombinezonie z materiału metalizowanego, wykonuje typowe czynności podczas spustu surówki; temperatura surówki wynosi 1430-1480 °C, 1A – z bliższej i 1B – z dalszej perspektywy (źródło własne)

Photo 1. Pig-iron triggered from a huge furnace; steelworker in overalls made of metalized material, performing routine activities during the triggering, pig-iron's temperature : 1430-1480 °C, 1A – at close quarters and 1B – in perspective (own source)

Charakterystyka gorącego środowiska pracy

Gorące środowisko pracy występuje wówczas, gdy temperatura powietrza zawiera się w zakresie 25-60 °C, przy względnej wilgotności od 10 do 80%. W przemyśle ciężkim, na wielu stanowiskach pracy w warunkach gorącego środowiska występuje znaczące promieniowanie ciepłe działające na człowieka wielokierunkowo, które pochodzi zarówno z powierzchni wytwarzanych elementów, których temperatura wynosi od 500 do 1500 °C, jak i źródła otwartego ognia. W takich warunkach intensywność promieniowania często jest większa od 1000 W/m² [3]. Dodatkowo pracownicy w gorącym środowisku narażeni są na czynniki niebezpieczne w postaci rozprysków i odprysków płynnego metalu, gorących przedmiotów, a podczas prac z instalacjami elektrycznymi mogą pojawić się zakłócenia łuki elektryczne, stwarzające również zagrożenie termiczne.

Dane GUS na koniec 2010 r. wskazują, że w Polsce, w warunkach szkodliwych i uciążliwych, związanych z gorącym środowiskiem pracowało aż 20 724 osób (3,8 osób na 1000 zatrudnionych) pomimo, że wartość ta spadła w stosunku do 2009 r. (4,1 na 1000 zatrudnionych) [4]. W środowisku gorącym pracują osoby zatrudnione m.in. w przetwórstwie przemysłowym (przy produkcji metali oraz produkcji wyrobów z metali), górnictwie

oraz budownictwie. Liczba pracowników zatrudnionych w środowisku gorącym znacznie zwiększa się w sezonie letnim, gdy występuje ono na wielu stanowiskach pracy w przestrzeni otwartej. Na wielu stanowiskach pracy temperatura powietrza może być stała i możliwa do przewidzenia, jak w odlewniach lub w podziemnych kopalniach, na innych – gorące środowisko występuje sezonowo, np. w kopalniach odkrywkowych czy w budownictwie.

Na fotografiach (fot. 1A i 1B) przedstawiono stanowisko pracy w środowisku gorącym, na którym oprócz mikroklimatu gorącego pojawia się wiele innych zagrożeń: płomień, promieniowanie podczerwone, ciepło konwekcyjne, rozpryski roztopionych metali.

Reakcje organizmu człowieka na gorące środowisko

Organizm człowieka podporządkowany prawu zachowania stałej ciepłoty ciała powinien sprostać obciążeniom środowiska pracy, niezależnie od przyczyny powodującej powstanie stresu termicznego. Człowiek może pracować w gorącym środowisku dzięki mechanizmom termoregulacyjnym, które pozwalają na przystosowanie się do szerokiego zakresu temperatury zewnętrznej. Związane są one z usuwaniem nadmiaru ciepła z organizmu, które powstaje podczas wykonywania wysiłku, ale też jest pobierane z otoczenia, gdy temperatura otoczenia jest wyższa od średniej

temperatury powierzchni skóry [1, 5]. Odpowiedzią termoregulacyjną ze strony organizmu człowieka na stres cieplny wynikający z gorącą jest rozszerzenie naczyń krwionośnych skóry i wzrost skórny przepływu krwi. Gdy temperatura otoczenia przekracza 28-32 °C, uruchomiony zostaje drugi mechanizm termoregulacyjny – wydzielanie potu [1].

Możliwości odprowadzania ciepła z organizmu wynikają z warunków temperatury i wilgotności względnej środowiska pracy. W dolnych granicach temperatury w środowisku gorącym usuwanie nadmiaru ciepła zachodzi drogą konwekcji i promieniowania. Proces oddawania ciepła, wynikający z odparowania potu przy wyższych temperaturach otoczenia jest ograniczony przez maksymalne możliwości wydzielania potu oraz wilgotność względną powietrza. W środowisku gorącym o dużej wilgotności wytwarzany pot gromadzi się na powierzchni skóry nie odprowadzając ciepła do otoczenia, gdyż oddanie ciepła do otoczenia zapewnia tylko parowanie potu. Podczas pracy w środowisku gorącym przy znacznym wydzielaniu potu istnieje ryzyko deficytu wody w organizmie, prowadzące do odwodnienia oraz utraty elektrolitów (sodu, potasu, chloru), a w konsekwencji do zmniejszonej sprawności psychofizycznej człowieka, a nawet śmierci. W każdym środowisku termicznym istnieją wymagania odnośnie do uwodnienia organizmu poprzez systematyczne picie, aby zachować równowagę wodno-elektrolitową.

Podczas wykonywania intensywnego i długotrwałego wysiłku w środowisku gorącym organizm nie zawsze jest w stanie poddać odprowadzaniu nadmiaru ciepła. Podczas wykonywania lekkiej pracy krew dostarcza substratów energetycznych do pracujących mięśni oraz transportuje ciepło do powierzchni ciała, gdzie następuje jego rozproszenie. Przy wykonywaniu ciężkiej pracy fizycznej krew dostarczana jest przede wszystkim do pracujących mięśni kosztem ograniczenia przepływu skórno. W takich warunkach może nastąpić załamanie odprowadzania nadmiaru ciepła z organizmu, skutkiem czego będzie przegrzanie [1].

Działanie środowiska cieplnego należy ściśle wiązać z czasem, a wzrost częstości skurczów serca, maksymalne tempo pocenia oraz wzrost temperatury wnętrza ciała są czułymi wskaźnikami obciążenia cieplnego organizmu i wyznaczają granice tolerancji niekorzystnego wpływu środowiska i pracy na organizm człowieka. Zakres bezpiecznych zmian tych wskaźników przedstawiono w PN-EN ISO 9886:2005 [6].

Biorąc pod uwagę intensywność pocenia przyjmuje się, że maksymalna ilość potu w ciągu 8 godzin pracy nie powinna przekroczyć 5 litrów. Zgodnie z PN-EN ISO 7933:2005 [7] dla osób, które mają swobodny dostęp do napojów ustala się maksymalne odwodnienie na poziomie 5% masy ciała dla 95% populacji pracującej oraz 3% masy ciała dla osób, które nie mają możliwości uzupełniania płynów. Maksymalne tempo pocenia u osób niezaaklimatyzowanych powinno zawierać się w przedziale 650 do 1000 g/h, a dla osób zaaklimatyzowanych – średnio o 25% większe. Dopuszczalna temperatura wnętrza ciała nie może przekroczyć 38 °C.

Długotrwała praca w środowisku gorącym powoduje nie tylko odczuwalny stres cieplny i zmęczenie, ale również zaburzenia w funkcjonowaniu układu krwionośnego, skutkujące powstawaniem chorób zawodowych [1]. Wykazano, że podczas wykonywania pracy w temperaturze 32-37 °C częstość skurczów serca wzrasta o 48 uderzeń/min w porównaniu z pracą w temperaturze 22 °C. Na podstawie innych badań stwierdzono, że liczba niebezpiecznych zachowań oraz wypadków na stanowiskach pracy rośnie wraz ze wzrostem jej intensywności oraz podczas pracy w środowisku o temperaturze ponad 24 °C WBGT [2]. Za pomocą odpowiednio opracowanych testów potwierdzono, że środowisko gorące wpływa negatywnie na aktywność umysłową oraz funkcje poznawcze organizmu z tym związane, natomiast zastosowanie systemu chłodzenia organizmu może spowalniać te negatywne reakcje [2].

Reakcje fizjologiczne organizmu na pracę w środowisku gorącym zależą w dużym stop-

niu od wieku osoby ekspozowanej – na skutek stresu cieplnego w większym stopniu narażeni są pracownicy starsi [8]. Wraz z wiekiem następuje obniżenie się zarówno tolerancji wysiłku fizycznego, jak i środowiska gorącego, co wynika z mniejszej sprawności mechanizmów regulacyjnych organizmu. Uważa się, że różnice w tolerancji gorąca między młodymi a starszymi osobami spowodowane są zmniejszoną wydajnością mechanizmu pocenia [9], jak również spadkiem pułapu tlenowego (VO_{2max}) u osób starszych oraz zmniejszoną wydolnością układu sercowo-naczyniowego podczas wysiłku w gorącym otoczeniu. Tolerancję gorącego środowiska u osób starszych może poprawić zwiększenie ich wydolności fizycznej. Trzeba jednak podkreślić, że osoby te mają osłabione pragnienie, co może stanowić znaczne zagrożenie zdrowotne [8].

Na możliwość odprowadzania ciepła z organizmu decydujący wpływ ma odzież [10]. Odzież ochronna stosowana w gorącym środowisku i chroniąca przed zapaleniem, promieniowaniem cieplnym, rozpryskami stopionego metalu, wykonana z wielowarstwowych materiałów bądź ich układów, często nieprzepuszczających pary wodnej, nie eliminuje ani nie ogranicza w wystarczającym stopniu wpływu mikroklimatu gorącego na organizm pracownika, a często stanowi dodatkowe obciążenie cieplne dla organizmu [11].

Ocena obciążenia cieplnego pracowników w gorącym środowisku pracy

Zgodnie z ogólnymi przepisami bezpieczeństwa pracy wynikającymi przede wszystkim z dyrektywy ramowej 391/EWG/89 [12], wdrożonej do prawa polskiego przez Kodeks pracy [13] oraz rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [14], pracodawca zobowiązany jest do oszacowania ryzyka na stanowiskach pracy.

Do oceny obciążenia cieplnego pracowników w środowisku gorącym potrzebne są informacje dotyczące takich wielkości fizycznych charakteryzujących środowisko termiczne, jak temperatura powietrza, średnia temperatura promieniowania, prędkość przepływu, wilgotność względna powietrza. Konieczne są również informacje dotyczące intensywności wykonywanej pracy i odzieży stosowanej na danym stanowisku.

Przy ocenie środowiska gorącego należy najpierw określić wartość wskaźnika PMV wg normy PN-EN ISO 7730: 2006 [15]. Jest to wskaźnik stosowany do oceny środowiska umiarkowanego oraz komfortu cieplnego. Przy wyznaczaniu tego wskaźnika uwzględniane są wszystkie wymienione pa-

rametry, wpływające na gospodarkę cieplną osoby ekspozowanej na środowisko gorące. Jeżeli wartość ta jest większa od 2, wówczas należy wyznaczyć wartość wskaźnika WBGT wg PN-EN 27243:2005 [16].

W odniesieniu do środowiska gorącego ustalona została dopuszczalna wartość wskaźnika obciążenia termicznego WBGT dla 5 poziomów metabolizmu organizmu, związanego z wielkością wysiłku fizycznego (wartości te podaje rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej), [17]. Dopuszczalne wartości wskaźnika WBGT odpowiadają takim poziomom ekspozycji, na które narażone mogą być osoby bez szkodliwych skutków zdrowotnych, o ile są zdrowe i ubrane w odzież o izolacyjności cieplnej 0,6 clo. Warto nadmienić, że clo jest jednostką izolacyjności cieplnej odzieży, natomiast jednostką w Układzie SI jest $m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$. Zależność między tymi jednostkami jest następująca: 1 clo = 0,155 $m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$. Wielkość wyznaczanego wskaźnika zależy także od stopnia aklimatyzacji pracownika i odczuwalnego ruchu powietrza. Jeżeli wartość zmierzona wskaźnika WBGT przekracza wartość odniesienia ryzyko określane jest jako duże; jeżeli jest ona mniejsza, ale bliska lub równa wartości odniesienia uznaje się, że ryzyko jest średnie. Gdy natomiast zmierzona wartość WBGT jest znacznie mniejsza od wartości odniesienia, uznaje się, że ryzyko jest małe [3].

Wartości odniesienia zawarte w normie dotyczące wskaźnika WBGT są podstawą zabezpieczenia organizmu przed przekroczeniem maksymalnej dopuszczalnej temperatury wewnętrznej (38 °C). Jeśli zmierzone wartości WBGT są większe od wartości odniesienia, nie można pracować w takich warunkach całą zmianę roboczą i należy wówczas określić skrócony czas pracy wg PN-EN ISO 7933:2005 [7].

Warunki pracy na stanowiskach gorących

Elektrociepłownie, huty, piekarnie i cukiernie

Badania dotyczące oceny obciążenia termicznego pracowników w środowisku gorącym przeprowadzane były w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym. Wytypowano do nich elektrociepłownie, huty, piekarnie i cukiernie.

W tabeli przedstawiono wyniki analizy ryzyka cieplnego dla wybranych stanowisk pracy na podstawie wyznaczonego wskaźnika obciążenia termicznego (WBGT), [3]. W przypadku niejednorodności środowiska, tzn. gdy pracownik wykonywał różne czynności w odmiennych warunkach środowiska termicznego, wyznaczano wartość metabolizmu i wskaźnika WBGT dla tych warunków osobno. W tabeli podano zatem dwie wartości metabolizmu i dwa poziomy WBGT. Pracownicy na badanych stanowiskach pracy byli ubrani w odzież wyko-

Tabela. Ocena ryzyka cieplnego na wybranych stanowiskach pracy w gorącym środowisku
Table. Thermal risk assessment at the selected workplaces in hot environment

Stanowisko	WBGT (°C)		Metabolizm [W]		Ryzyko cieplne
Elektrociepłownia – maszynownia, poziom 5 m	26,6		182,1		małe
Elektrociepłownia – maszynownia, poziom 8 m, zawory	23,5		331		małe
Elektrociepłownia – maszynownia, poziom 0 m, przy wentylatorze młynowym	24,0		376,8		średnie
Elektrociepłownia – maszynownia, poziom 8 m, nad kratą	29,5		80		średnie
Elektrociepłownia – podajniki węgla surowego	33,7		320	140	bardzo duże
Elektrociepłownia – kotłownia poziom 12 m	32,7		495,4		bardzo duże
Elektrociepłownia – poziom 43 m, wodowskazy	26,0	49,0	270	390	duże
Piekarnia 1 – stanowisko piecowe	25,3		215,6		małe
Zakład cukierniczy – młyny do miazgi, z boku hali	30,2		189		duże
Zakład cukierniczy – prasy hydrauliczne	23,6		170		małe
Huta stanowisko zbieracz-znakowacz	30,8 °C	26,2 °C	270	329	duże
Huta stanowisko walcownik	39 °C		360		duże

naną z tkanin drelichowych lub bawełnianych o szacowanej izolacyjności cieplnej 1 clo.

Z danych przedstawionych w tabeli wynika, że na wielu stanowiskach pracy pomimo wysokiego wskaźnika WBGT ryzyko cieplne zakwalifikowano jako małe lub średnie ze względu na niski poziom metabolizmu związanego z rodzajem wykonywanej pracy lub krótki czas oddziaływania takich warunków. Należy również zwrócić uwagę na znaczne obciążenie cieplne pracowników w zakładach cukierniczych, które tradycyjnie kojarzone są z gorącym środowiskiem pracy i występowaniem czynników gorących.

Górnictwo

Z danych GUS wynika, że więcej niż 1/3 zatrudnionych w gorącym środowisku pracy to górnicy, a zatem jest to grupa, którą należy szczególnie wziąć po uwagę przy analizowaniu warunków pracy w mikroklimacie gorącym. Podstawowymi czynnikami powodującymi wzrost temperatury powietrza w kopalniach i związane z tym zagrożenie cieplne są: zwiększająca się głębokość eksploatacji i wzrost instalowanej mocy urządzeń mechanicznych. Jak podaje Główny Instytut Górnictwa, w 22 kopalniach występują wyrobiska, w których temperatura powietrza przekracza 28 °C, co stanowi 70% wszystkich polskich kopalń węgla kamiennego [18]. Liczba kopalń, w których temperatura powietrza przekroczy 28 °C zwiększy się, ponieważ wzrastać będzie wydobywanie z poziomów głębszych. Wraz ze wzrostem eksploatacji wzrasta temperatura pierwotna skał, a tym samym zwiększa się ilość ciepła dopływającego do powietrza na skutek różnicy

temperatur pomiędzy powietrzem a górotworem. Najwyższe temperatury górotworu na poziomach około 1000-1050 m wynoszą średnio od 41 do 42,8 °C. Na planowanym w niektórych kopalniach poziomie eksploatacyjnym 1200 m pierwotna temperatura skał osiągnie wartość 50 °C. Ze względu na to, iż temperatura powietrza wzrasta co 100 m o 1 °C, można się spodziewać przekroczenia temperatury powietrza powyżej 30 °C [18].

Na przyrost temperatury powietrza w kopalniach wpływa moc zainstalowanych w przodkach maszyn i urządzeń. Według badań GIG około 10% mocy urządzeń zamieniane jest na ciepło. Przewidywany w kolejnych latach ogólny wzrost liczby i mocy urządzeń wpłynie na pogorszenie warunków klimatycznych w kopalniach [18].

Analizując warunki klimatyczne w kopalniach należy pamiętać o dużej względnej wilgotności powietrza, która często przekracza poziom 85%. Towarzyszy jej wysoka temperatura powietrza, przekraczająca poziom 28-30 °C, przy którym uruchamia się pocenie. Takie warunki mają duży wpływ na zwiększenie obciążenia cieplnego górników. W organizmie produkowany jest pot, ale z powodu dużej wilgotności względnej powietrza w znacznym stopniu utrudnione jest jego odparowanie. Następuje utrata wody i elektrolitów z organizmu. Gdy taka sytuacja przedłuża się i płyny nie są uzupełniane w wystarczającym stopniu, następuje odwodnienie organizmu i gwałtowne zwiększenie się temperatury wewnętrznej, już poza możliwością kontroli przez mechanizmy regulacyjne, co stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia.

Sposoby zmniejszenia obciążenia cieplnego pracowników

Obowiązkiem pracodawcy jest podejmowanie działań, zwłaszcza technicznych i organizacyjnych, likwidujących lub co najmniej ograniczających zagrożenia zawodowe powodowane przez niebezpieczne i szkodliwe czynniki środowiska pracy.

Jeżeli pomiary wykazą, że dopuszczalna wartość WBGT została przekroczona, pracodawca powinien podjąć środki zaradcze obniżające obciążenie termiczne na stanowisku pracy. W pierwszym rzędzie należy dokładnie zbadać warunki obciążenia cieplnego pracownika i określić bezpieczny czas pracy, a jeśli to możliwe, powinno nastąpić obniżenie parametrów powietrza (temperatura, wilgotność), zmniejszenie aktywności zawodowej pracowników przez zmiany w organizacji (np. zaangażowanie większych zespołów pracowników) lub wprowadzenie mechanizacji pracy. Efekt obniżenia WBGT można również uzyskać zmieniając proporcje cyklu: praca – odpoczynek. Dokładniejsza analiza warunków pracy powinna być dokonana na podstawie zaleceń PN-EN ISO 7933:2005 [7], która umożliwia określenie ograniczonego czasu pracy, w przypadku, gdy nie są możliwe rozwiązania techniczne, bądź organizacyjne.

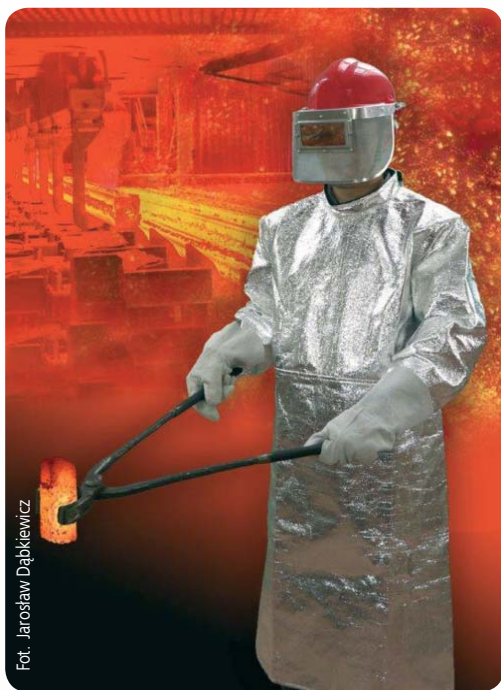
Do technicznych środków ograniczających obciążenie cieplne pracowników należą między innymi:

- 1) zastosowanie przegród nieprzezroczystych dających możliwość zwiększenia współczynnika odbicia promieniowania cieplnego,
- 2) montaż przegród oszklonych, zmniejszających przepływ ciepła,
- 3) instalacja źródeł ciepła poza pomieszczeniami, gdzie przebywają ludzie,
- 4) automatyzacja stanowisk pracy w warunkach zagrożenia cieplnego.

Należy pamiętać o udostępnieniu pracownikom odpowiedniej ilości napojów w celu uniknięcia odwodnienia [19]. Pracownicy powinni być informowani o negatywnych skutkach długotrwałej pracy w gorącym środowisku – w celu zwiększenia bezpieczeństwa podczas pracy w warunkach zagrożenia warunkami środowiska gorącego opracowane zostały zalecenia zapewnienia bezpieczeństwa osobom ekspozowanym [20].

Niezwykle ważne jest, aby osoby pracujące w gorącym środowisku były zdrowe. Można to zapewnić poprzez:

- skontrolowanie stanu zdrowia kandydata do pracy
- systematyczną kontrolę stanu zdrowia tych pracowników
- nadzór medyczny podczas narażenia człowieka na skrajnie wysoką temperaturę.



Fot. Jarosław Dąbkiewicz

Fot. 2. Odzież chroniąca przed czynnikami gorącymi
 Photo 2. Protective clothing against heat and flame

Osoby, rozpoczynające pracę w gorącym środowisku powinny zostać poddane aklimatyzacji, która trwa 6 dni. Podczas tego okresu pracownicy mają, przez kolejne dni, stopniowo wydłużany czas ekspozycji na gorące środowisko od 35% zmiany roboczej aż do osiągnięcia czasu pełnej zmiany roboczej. W przypadku osób zatrudnionych w gorącym środowisku, które wracają do pracy po urlopie albo zwolnieniu lekarskim trwającym 9 dni i więcej, aklimatyzacja jest skrócona do 4 dni.

Ze względu na zmniejszającą się z wiekiem wydolność fizyczną człowieka zaleca się systematyczne jej kontrolowanie. Dla utrzymania sprawności i wydolności fizycznej, pracownicy powinni systematycznie korzystać z aktywnych form wypoczynku, np. pływanie, jazda na rowerze lub intensywny marsz.

Do ochrony pracownika przed działaniem niebezpiecznych i szkodliwych czynników w środowisku pracy służy odzież ochronna (fot. 2.). Odzież ochronna stosowana w gorącym środowisku nie ogranicza jednak w wystarczającym stopniu wpływu środowiska gorącego na organizm pracownika, a wręcz ogranicza wymianę ciepła organizmu z otoczeniem, przede wszystkim drogą odparowania potu. Obecnie podejmowanych jest wiele prac badawczych mających na celu wykorzystanie możliwości nowych materiałów, rozwiązań technicznych i konstrukcyjnych w celu opracowania najskuteczniejszych rozwiązań.

Zagrożenia wynikające z obciążenia cieplnego podczas pracy w gorącym środowisku

sprawiają, iż niezwykle ważne jest, aby podejmować działania zmierzające do ograniczenia oddziaływania gorącego środowiska na pracownika przez wprowadzanie lub stosowanie mechanizacji pracy, ekranowanie źródeł ciepła, systemy klimatyzacyjne. Niestety, na bardzo wielu stanowiskach pracy, na których występuje mikroklimat gorący, nie można wprowadzić takich rozwiązań ze względu na prowadzone procesy technologiczne, bądź duże przestrzenie. Wobec braku innych możliwości skutecznym rozwiązaniem mogą być indywidualne systemy chłodzenia organizmu. Do chłodzenia organizmu w uciążliwych warunkach pracy stosowane są układy bierne (np. kamizelki z lodem) lub układy z wymuszonym obiegiem cieczy chłodzącej lub powietrza. W Polsce indywidualne układy chłodzące, które przeciwdziałająby przegrzaniu pracowników nie są stosowane w ogóle bądź w niewielkim zakresie.

Podsumowanie

Długotrwała praca w środowisku gorącym powoduje nie tylko odczuwalny stres cieplny i zmęczenie, ale również zaburzenia w funkcjonowaniu układu krwionośnego, skutkujące powstawaniem chorób zawodowych pracowników. Problem ten dotyczy stanowisk pracy w różnych gałęziach gospodarki i pomimo postępującej automatyzacji procesów produkcyjnych wiele tysięcy osób w Polsce pracuje w warunkach środowiska gorącego. Obowiązkiem pracodawcy jest podejmowanie działań, zwłaszcza technicznych i organizacyjnych, likwidujących lub co najmniej ograniczających zagrożenia zawodowe powodowane przez niebezpieczne i szkodliwe czynniki środowiska pracy. Niestety, na bardzo wielu stanowiskach pracy w środowisku gorącym nie można wprowadzić takich rozwiązań, ze względu na prowadzone procesy technologiczne, bądź duże przestrzenie. Stąd istotne jest, aby projektowane systemy ograniczające obciążenie cieplne pracownika dostosowane były do jego potrzeb i charakteru wykonywanej pracy. Przykładem takich rozwiązań są indywidualne systemy chłodzenia organizmu, które zostaną omówione w kolejnym artykule.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Kozłowski S., Nazar K. (1999) *Wprowadzenie do fizjologii klinicznej*. PZWL, Warszawa
- [2] O' Neal E. K., Bishop P. *Effects of work in hot environment on repeat performance of multiply of simple mental tasks*. "International Journal of Industrial Ergonomics" 2010, 40:77-81
- [3] Sołtyński K., Marszałek A. 2007. Obciążenie termiczne. W: Ryzyko zawodowe – Metodyczne podstawy oceny, Red. Zawieska W.M., CIOP-PIB, Warszawa
- [4] *Warunki Pracy w 2010 r.* (2011) GUS, Warszawa

- [5] Koradecka D. (2008) *Bezpieczeństwo i higiena pracy*. CIOP-PIB, Warszawa
- [6] PN-EN ISO 9886:2005. Ergonomia. Ocena obciążenia termicznego na podstawie pomiarów fizjologicznych
- [7] PN-EN ISO 7933:2005. *Ergonomia środowiska termicznego – Analityczne wyznaczenie i interpretacja stresu cieplnego z wykorzystaniem obliczeń przewidywanego obciążenia termicznego (oryg.)*
- [8] Marszałek A. *Obniżone pragnienie jako czynnik ograniczający pracę osób starszych w gorącym środowisku*. „Ergonomia” 2000, 23, 1-2:159-166
- [9] Shepard R.J. *A personal perspective on aging and productivity, with particular reference to physically demanding work*. "Ergonomics", 1995, 38, 4: 617-636
- [10] Pascode, D.D. Shanley L.A. and Smith E.W. *Clothing and exercise; Biophysics of heat transfer between the individual, clothing and environment*. "Sports Medicine, 1994, 18:38-54
- [11] Marszałek A. *Fizjologiczne reakcje organizmu człowieka podczas pracy w odzieży ochronnej w gorącym środowisku*. "Bezpieczeństwo Pracy" 2006, 414, 3:11-15
- [12] Dyrektywa Wspólnoty Europejskiej 89/391/EWG z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy
- [13] Ustawa Kodeks pracy. Stan prawny na dzień 28 lipca 2011 r.
- [14] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy z dnia 26 września 1997 r. (ze zm. DzU z 2003 r. nr 169, poz. 1650, z 2007 r. nr 49, poz. 330, z 2008 r. nr 108, poz. 690 DzU z 2011 r. nr 173 poz. 1034)
- [15] PN-EN ISO 7730:2006 Ergonomia środowiska termicznego – Analityczne wyznaczenie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego (oryg.)
- [16] PN-EN 27243:2005: Środowisko gorące. Wyznaczanie obciążenia termicznego działającego na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT
- [17] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 16 czerwca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 105, poz 873, 2009
- [18] Drenda J. *Metody poprawy warunków klimatycznych związane ze wzrostem zagrożenia cieplnego w kopalniach*. „Gospodarka Surowcami Mineralnymi”, 2008, 24, 1-2: 215-220
- [19] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów. DzU nr 60, poz. 279
- [20] Marszałek A., Bartkowiak G., Kamińska W., Stefko A. (2007) *Pracownicy starsi w warunkach gorącego środowiska*. CIOP-PIB Warszawa

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.