

Krzysztof Słota¹Zbigniew Słota¹Ewa Kułagowska²

OBCIĄŻENIE CIEPLNE NA STANOWISKACH PRACY W GÓRNICTWIE – WYNIKI BADAŃ PRZEPROWADZONYCH W 6 KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

THERMAL LOAD AT WORKSTATIONS IN THE UNDERGROUND COAL MINING:
RESULTS OF RESEARCH CARRIED OUT IN 6 COAL MINES

¹ Politechnika Śląska / Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

Wydział Górnictwa i Geologii / Faculty of Mining and Geology

² Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego / Institute of Occupational Medicine and Environmental Health, Sosnowiec, Poland

STRESZCZENIE

Wstęp: Z danych statystycznych wynika, że obecnie blisko połowa wydobycia węgla kamiennego i rud miedzi w polskich kopalniach odbywa się w wyrobiskach, w których temperatura mierzona termometrem suchym przekracza 28°C. Liczba osób pracujących w takich warunkach sukcesywnie wzrasta, a tym samym zwiększa się problem bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.

Materiał i metody: W niniejszych badaniach przeprowadzono ocenę obciążenia cieplnego pracowników na stanowiskach pracy w górnictwie z uwzględnieniem warunków termicznych i kosztu wykonywanej pracy. Ocenę kosztu energetycznego pracy prowadzono w 6 kopalniach węgla kamiennego. Badaniem objęto pracę łącznie 221 górników zatrudnionych na różnych stanowiskach. W artykule przedstawiono charakterystykę grup górników zatrudnionych na analizowanych stanowiskach oraz na podstawie dyskomfortu cieplnego określono bezpieczeństwo termiczne górników. **Wyniki:** Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na znaczne zróżnicowanie czasu trwania wyróżnionych etapów procesu pracy. Najwyższy średni koszt energetyczny w trakcie wykonywania pracy występował na stanowisku górnika w przodku, najniższy dla stanowiska pracownika pomocniczego. W zamieszczonych w pracy tabelach z obliczonym wskaźnikiem dyskomfortu wyraźnie da się zauważyć wiele sytuacji, w których przekroczono dopuszczalny zakres parametrów obciążenia cieplnego dla pracy bezpiecznej dla zdrowia człowieka. Należy jednak nadmienić, że wartości średniego kosztu pracy mieszczą się już w górnych (ale dopuszczalnych) granicach obciążenia cieplnego. **Wnioski:** Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że praca w górnictwie w niektórych przypadkach jest wykonywana w warunkach dyskomfortu cieplnego. Ze względu na dużą zmienność i złożoność warunków pracy konieczne staje się weryfikowanie na stanowiskach pracy obciążenia pracowników, na które w dużym stopniu wpływają warunki środowiska i organizacja pracy oraz działania samych pracowników. Med. Pr. 2016;67(4):477–498

Słowa kluczowe: medycyna pracy, bezpieczeństwo i higiena pracy, stan zdrowia pracowników, metabolizm energetyczny, obciążenie pracą, górnictwo węglowe

ABSTRACT

Background: Statistics shows that almost half of Polish extraction in underground mines takes place at workstations where temperature exceeds 28°C. The number of employees working in such conditions is gradually increasing, therefore, the problem of safety and health protection is still growing. **Material and Methods:** In the present study we assessed the heat load of employees at different workstations in the mining industry, taking into account current thermal conditions and work costs. The evaluation of energy cost of work was carried out in 6 coal mines. A total of 221 miners employed at different workstations were assessed. Individual groups of miners were characterized and thermal safety of the miners was assessed relying on thermal discomfort index. **Results:** The results of this study indicate considerable differences in the durations of analyzed work processes at individual workstations. The highest average energy cost was noted during the work performed in the forehead. The lowest value was found in the auxiliary staff. The calculated index of discomfort clearly indicated numerous situations in which the admissible range of thermal load exceeded the parameters of thermal load safe for human health. It should be noted that the values of average labor cost fall within the upper, albeit admissible, limits of thermal load. **Conclusions:** The results of the study indicate that in some cases work in mining is performed in conditions of thermal discomfort. Due to high variability and complexity of work conditions it becomes necessary to verify the workers' load at different workstations, which largely depends on the environmental conditions and work organization, as well as on the performance of workers themselves. Med Pr 2016;67(4):477–498

Key words: occupational medicine, occupational safety and health, occupational health, energy metabolism, workload, hard coal mines

Autor do korespondencji / Corresponding author: Krzysztof Słota, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, e-mail: krzysztof.slota@polsl.pl
Nadesłano: 8 czerwca 2015, zatwierdzono: 9 lutego 2016

WSTĘP

W polskim górnictwie węglowym i miedziowym zwiększa się głębokość, na której prowadzone są roboty górnicze, oraz wzrasta koncentracja produkcji, co powoduje m.in. wzrost zagrożenia klimatycznego. Głębokość eksploatacji w kopalniach węgla kamiennego zwiększa się każdego roku średnio o ok. 8 m [1]. Uwzględniając stopień geotermiczny (33 m/°C dla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i Lubelskiego Zagłębia Węglowego, 28 m/°C dla Zagłębia Miedziowego, a w przypadku anomalii w Jastrzębskiej Spółce Węglowej – 24–27 m/°C), mamy do czynienia z sytuacją, w której nowe wyrobiska (co 3–4 lata) prowadzone są w otoczeniu skał o temperaturze pierwotnej wyższej o 1°C.

Miarą zagrożenia klimatycznego w odniesieniu do całej kopalni [2,3] jest wartość temperatury pierwotnej skał na najgłębszym poziomie eksploatacyjnym. W zależności od tej temperatury wszystkie kopalnie podzielono na 4 grupy – kopalnie, w których temperatura pierwotna skał na najgłębszym poziomie eksploatacyjnym:

- jest wyższa od 40°C – kopalnie o bardzo dużym zagrożeniu klimatycznym,
- mieści się w 35–40°C – kopalnie o dużym zagrożeniu klimatycznym,
- mieści się w 30–35°C – kopalnie o małym zagrożeniu klimatycznym,
- niższa od 30°C – kopalnie niezagrażone klimatycznie.

Zgodnie z aktualnymi przepisami górnictwymi (stan na lipiec 2016 r.) miarą zagrożenia klimatycznego w odniesieniu do istniejących miejsc pracy jest wartość temperatury powietrza mierzona termometrem suchym i intensywność chłodzenia mierzona katatermometrem wilgotnym [4]. Normy klimatyczne obowiązujące w polskich kopalniach ograniczają się jedynie do ustalenia dopuszczalnych, maksymalnych wartości temperatury termometru suchego i minimalnego natężenia chłodzenia powietrza [3]. Według polskiego prawa górnictwego temperatura powietrza w miejscu pracy nie powinna przekraczać 28°C przy pomiarze termometrem suchym, a intensywność chłodzenia nie powinna być

mniejsza od 11 katastopni wilgotnych [4]. Jeżeli temperatura powietrza wynosi 28–33°C lub intensywność chłodzenia jest mniejsza niż 11 katastopni wilgotnych, należy ograniczyć czas pracy do 6 godz. Jeśli temperatura przekracza 33°C, ludzi można zatrudniać tylko w ramach akcji ratowniczych lub przeciwpożarowych.

Funkcjonowanie człowieka w warunkach gorącego mikroklimatu zależne jest od możliwości zachowania zrównoważonego bilansu cieplnego. Obciążenie organizmu ciepłem endogennym wytwarzanym w wyniku przemian metabolicznych w wyniku pracy fizycznej i ciepłem egzogennym napływającym ze środowiska zewnętrznego powinno być zrównoważone możliwością eliminacji jego nadmiaru do otoczenia. O takiej możliwości decydują przede wszystkim warunki środowiska. W przypadku górnictwa obciążenie cieplne, jakiemu podlegają pracownicy, wynika zarówno z intensywności przemian metabolicznych przy wykonywaniu ciężkiej pracy fizycznej, jak i warunków środowiska zewnętrznego. Do czynników kształtujących warunki klimatyczne w kopalniach zalicza się:

- najważniejsze źródła ciepła:
 - dopływ ciepła z górotworu,
 - dopływ ciepła od utleniającego się węgla,
 - dopływ ciepła od maszyn i urządzeń,
 - dopływ ciepła od transportowanego urobku,
 - dopływ utajonego ciepła wraz z parą wodną z górotworu,
 - odprowadzenie ciepła przez chłodnice,
- źródła wilgoci:
 - parowanie wody z otwartych powierzchni w wyrobisku,
 - dopływ pary wodnej z górotworu,
 - przemiany fazowe wody zawartej w powietrzu,
 - skraplanie się pary wodnej w chłodnicach,
 - źródła pary wodnej związane z lokalnymi dodatkowymi źródłami ciepła.

Obecnie temperatura pierwotna górotworu w niektórych kopalniach sięga już wartości 45°C i należy się spodziewać, że w przyszłości roboty górnicze będą prowadzone w górotworze, którego temperatura pierwotna może przekroczyć 50°C. Z danych statystycznych

wynika, że obecnie blisko połowa wydobycia węgla kamiennego i rud miedzi w polskich kopalniach odbywa się w wyrobiskach, w których temperatura mierzona termometrem suchym przekracza 28°C. Liczba pracowników pracujących w takich warunkach sukcesywnie wzrasta – w 1999 r. było to 4 tys. osób, a w 2013 r. już blisko 13 tys. [1]. Należy liczyć się z dalszym wzrostem liczby osób pracujących w kopalniach w warunkach zagrożenia klimatycznego, a tym samym narastaniem problemu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia tej grupy pracowników. Zagrożenie klimatyczne stanie się jednym z podstawowych zagrożeń, decydujących o bezpieczeństwie górników i możliwości prowadzenia robót.

Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ)

W badaniach jako podstawę do określenia obciążenia cieplnego wykorzystano wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) [6]. Dyskomfort cieplny w przeciwieństwie do komfortu cieplnego jest stanem niezadowolenia człowieka z warunków cieplnych otoczenia. Rozróżnia się dyskomfort panujący w środowiskach gorących i zimnych. Ze względu na występujące w kopalniach zagrożenie klimatyczne z powodu wysokich temperatur przez pojęcie dyskomfortu cieplnego należy rozumieć dyskomfort środowisk ciepłych [6].

Komfort i dyskomfort cieplny określić można przez parametry fizyczne powietrza i otoczenia oraz wydatek energetyczny pracownika. Jeżeli parametry środowiska nie odpowiadają punktom leżącym na krzywych komfortu cieplnego Fangera [6,7], w środowisku tym panują warunki dyskomfortu. Dyskomfort cieplny dzieli się na bezpieczny i niebezpieczny dla zdrowia i życia człowieka. Dyskomfort bezpieczny to taki dyskomfort, w którym wskaźniki mikroklimatu WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) i ATE (American Effective Temperature – amerykańska temperatura efektywna) nie osiągają wartości odniesienia ustalonych na podstawie oceny wskaźników fizjologicznych organizmu ludzkiego. Warunki klimatyczne, dla których wskaźniki WBGT lub ATE mikroklimatu przewyższają wartości odniesienia, są niebezpieczne dla zdrowia, czyli występuje dyskomfort niebezpieczny.

Określenie stanu dyskomfortu cieplnego u człowieka, czyli wielkości obciążenia cieplnego organizmu człowieka, można przeprowadzić, wprowadzając pojęcie wskaźnika dyskomfortu cieplnego (δ) pracownika. Jeżeli w obszarze dyskomfortu cieplnego bezpiecznego umieści się dowolny punkt A (ryc. 1) o określonych parametrach fizycznych powietrza oraz punkty B

i C – pierwszy leżący na krzywej komfortu cieplnego Fangera dla tej samej prędkości i wilgotności powietrza co punkt A, a drugi na prostej granicznej temperatury efektywnej amerykańskiej przyjętej według wartości odniesienia wskaźnika WBGT – to wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) pracownika jest stosunkiem odcinka $|AB|$ do $|CB|$:

$$\delta = \frac{|AB|}{|CB|} \quad (1)$$

gdzie:

δ – wskaźnik dyskomfortu cieplnego,

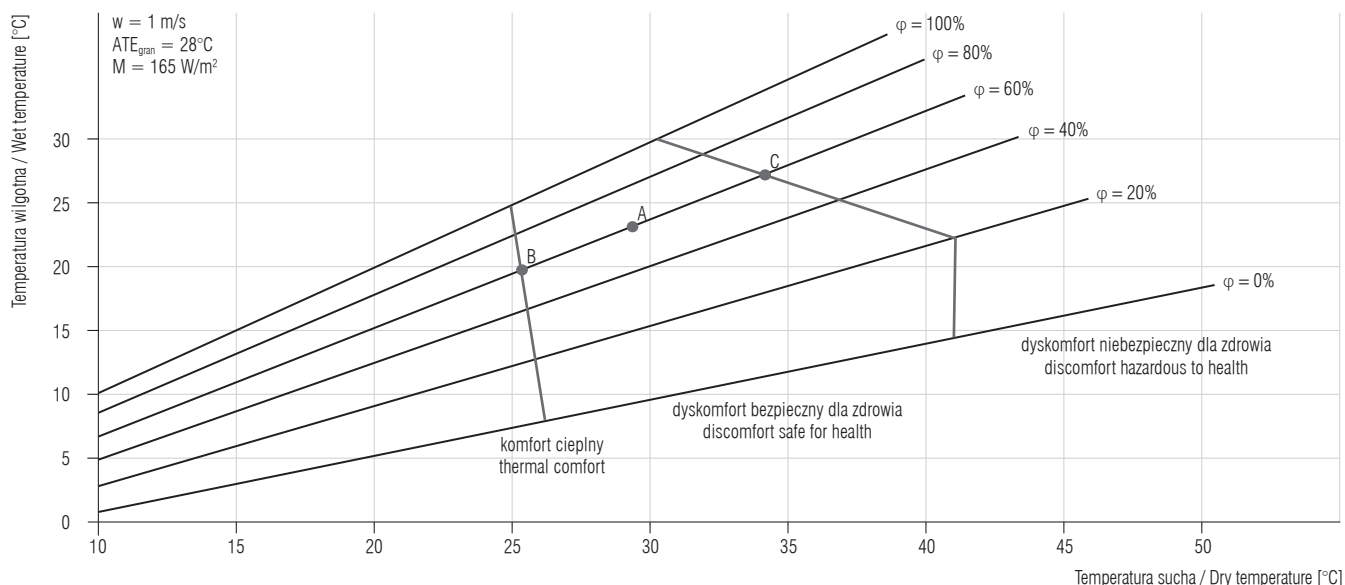
$|AB|$ – długość odcinka między punktem A określającym stan powietrza a punktem B leżącym na krzywej komfortu cieplnego Fangera dla tej samej prędkości i wilgotności powietrza jak dla punktu A,

$|CB|$ – długość odcinka między punktami C a B, gdzie punkt C leży na prostej granicznej temperatury efektywnej amerykańskiej przyjętej według wartości odniesienia wskaźnika WBGT, a punkt B leży na krzywej komfortu cieplnego Fangera i tej samej prędkości i wilgotności powietrza.

Kiedy punkt A leży w obszarze na lewo od krzywej komfortu cieplnego Fangera (ryc. 1), środowisko odczuwane jest jako chłodne, a przy wartości długości odcinka $|AB|$ wpisuje się znak „-” i wskaźnik dyskomfortu cieplnego jest mniejszy od 0. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego jest parametrem określającym wpływ warunków klimatycznych środowiska na samopoczucie pracownika i na ciepłe bezpieczeństwo jego pracy.

Jeżeli:

- $\delta < 0$ – środowisko odczuwane jest jako chłodne;
- $\delta = 0$ – komfort cieplny;
- $0 < \delta < 0,2$ – warunki klimatyczne korzystne (można je porównywać z warunkami komfortu cieplnego, czyli stanu zadowolenia człowieka z parametrów cieplnych otoczenia) – takie warunki powinno się osiągać w wyniku klimatyzacji pomieszczeń;
- $0,2 \leq \delta < 0,5$ – zadowalające warunki klimatyczne (dyskomfort cieplny, w którym człowiek nie odczuwa uciążliwości cieplnych, system termoregulacyjny skutecznie utrzymuje stałą temperaturę wewnętrzną ciała ludzkiego) – takie środowisko nie wymaga stosowania metod poprawy warunków klimatycznych;
- $0,5 \leq \delta < 0,8$ – trudne warunki klimatyczne (człowiek odczuwa wyraźne niezadowolenie z warunków cieplnych otoczenia, występuje zwiększone wydzielanie potu, co jest wyraźnym symptomem dyskomfortu cieplnego) – stan wymaga stosowania metod poprawy warunków klimatycznych;



w – prędkość powietrza / velocity of air, ATE – amerykańska temperatura afektywna / American Effective Temperature, M – średnia / mean, ϕ – wilgotność względna powietrza / relative humidity.

A – punkt określający stan powietrza / the point indicates the status of the air.

B – punkt leżący na krzywej komfortu cieplnego Fangera dla tej samej prędkości i wilgotności powietrza jak w punkcie A / the point on the curve of thermal comfort of Fanger for the same speed and air humidity at point A.

C – punkt leżący na prostej granicznej temperatury efektywnej amerykańskiej przyjętej według wartości odniesienia wskaźnika WBGT oraz tej samej prędkości i wilgotności powietrza jak w punkcie A / the point on the straight boundary effective temperature adopted the benchmark index wet bulb globe temperature (WBGT) and the same speed and humidity of the air at point A.

Na podstawie / Based on: Drenda J.: Dyskomfort cieplny w środowiskach pracy kopalń głębokich [6].

Ryc. 1. Obszar dyskomfortu cieplnego bezpiecznego dla zdrowia dla ludzi nieubranych, niezaaklimatyzowanych
Fig. 1. The area of thermal discomfort safe for health of people who are not adequately dressed, not acclimatized

- $0,8 \leq \delta < 1$ – bardzo trudne warunki klimatyczne (warunki klimatyczne są bardzo trudne, ale jeszcze bezpieczne) – konieczna jest ich poprawa;
- $\delta \geq 1$ – środowisko odczuwane jest jako zbyt ciepłe i dyskomfort jest niebezpieczny dla zdrowia (praca lub przebywanie człowieka w takich warunkach powinny być zabronione, dopuszczalna może być jedynie akcja ratownicza z zachowaniem wszelkich środków bezpieczeństwa).

W niniejszych badaniach przeprowadzono ocenę obciążenia cieplnego pracowników na stanowiskach pracy w górnictwie z uwzględnieniem warunków termicznych występujących na stanowiskach pracy w czasie wykonywania niniejszych badań i kosztu wykonywanej pracy.

MATERIAŁ I METODY

Metodyka badań parametrów fizycznych powietrza w kopalniach i pomiary mikroklimatu

Do podstawowych środowisk pracy górników w kopalniach, w których mogą wystąpić trudne warunki klimatyczne, należą:

- oddziały eksploatacyjne,
- drążone wyrobiska korytarzowe,
- komory funkcyjne,
- szyby wdechowe,
- szyby wydechowe.

Dla tych środowisk górniczych opracowano metodykę pomiarów parametrów fizycznych powietrza i określono podstawowe miejsca wykonywania tych pomiarów.

Parametrami powietrza niezbędnymi do analizy mikroklimatu, które należy mierzyć, są:

- temperatura psychrometryczna powietrza mierzona termometrem suchym (t_s),
- temperatura psychrometryczna powietrza mierzona termometrem wilgotnym (t_w),
- prędkość przepływu powietrza (w, oznaczana również jako v).

Dodatkowo – zgodnie z obowiązującymi przepisami [4] – konieczne jest wyznaczenie intensywności chłodzenia powietrza, wyrażonej w tzw. katastopniach wilgotnych.

Pomiary trzech wymienionych wcześniej parametrów fizycznych powietrza są standardowymi pomiarami.

rami klimatycznymi wykonywanymi regularnie w kopalniach w środowiskach pracy, zgodnie z instrukcjami dotyczącymi zasad kontroli warunków klimatycznych. Temperatury t_s i t_w mierzy się psychrometrem aspiracyjnym, a prędkość powietrza anemometrem. Natężenie chłodzenia powietrza może być wyznaczane za pomocą katatermometru Hilla lub na podstawie wzorów empirycznych.

Ze względu na różnorodność układów wyrobisk górniczych w oddziałach eksploatacyjnych, dla ujednoczenia zbierania danych w kopalniach, przygotowane tabele podstawowych parametrów mikroklimatu. Wypełnienie tabel danymi poprzedza wyszczególnienie miejsc pomiarowych w oddziałach. Według tego spisu kopalnie na wykonanych przez służby kopalniańskie schematach przestrzennych oddziałów zaznaczają punkty pomiarowe, dla których wyniki zamieszczone są we wzorze tabeli pomiarowej dla oddziałów eksploatacyjnych (zał. 1). Innym miejscem pracy górników są przodki drążonych wyrobisk korytarzowych. Wyrobiska te są przewietrzane za pomocą instalacji lutniowej. W celu ujednoczenia pomiarów parametrów mikroklimatu i ich zapisu przygotowano tabelę przedstawioną w załączniku 2. Na szkicu wyrobiska korytarzowego – czyli drążonego przekopu, chodnika lub pochylni – zaznaczono miejsca wykonywania pomiarów parametrów fizycznych powietrza. Są nimi wlot do lutniociągu, wylot z lutniociągu, przestrzeń przodkowa, przesypy taśmociągów wzdłuż wyrobiska i wylot z wyrobiska.

Badaniami mikroklimatu objęto również komory funkcyjne oraz szyby wdechowe i wydechowe. Uwzględniono najważniejsze komory, w których pracują ludzie, czyli komory materiałów wybuchowych, komory pomp, komory elektryczne i mechaniczne.

Wyniki pomiarów wykonanych w kopalniach zgodnie z opisaną wyżej metodyką zostały zestawione w opracowaniach, które po zakończeniu realizacji wszystkich projektów dotyczących tego tematu zostaną opublikowane. Na podstawie zawartych tam informacji dokonano wstępnej analizy wyników pomiarów parametrów powietrza pod kątem kwalifikacji wyrobisk w zależności od zagrożenia temperaturowego. Wyrobiska szybowe, przygotowawcze, komory funkcyjne i rejon ścian podzielono na 4 grupy związane z następującymi przedziałami temperatur powietrza:

- $t_s < 22^\circ\text{C}$,
- $22^\circ\text{C} < t_s \leq 26^\circ\text{C}$,
- $26^\circ\text{C} < t_s \leq 28^\circ\text{C}$,
- $t_s > 28^\circ\text{C}$.

Przy zaliczaniu wyrobisk do poszczególnych grup brano pod uwagę maksymalną wartość temperatury suchej występującą w analizowanym rejonie. Dodatkowo sporządzono tabele zbiorcze przedstawiające liczby wybranych miejsc pracy górników, czyli rejonów ścian, drążonych wyrobisk korytarzowych, komór funkcyjnych i szybów, w których temperatura powietrza przekracza 28°C . Temperatura powietrza powyżej wartości 28°C jest podstawową przesłanką, że w tych miejscach pracy należy się spodziewać trudnych warunków klimatycznych (tab. 1).

Tabela 1. Wyrobiska z przekroczoną temperaturą suchą 28°C w badanych kopalniach węgla kamiennego
Table 1. Excavations at dry temperature exceeding 28°C in the studied coal-mines

Kopalnia węgla kamiennego Coal-mine (KWK)	Wyrobiska Excavations [n]				
	szyby shafts	wyrobiska przygotowawcze preparatory workings	komory funkcyjne functional chambers	rejon ścian area of longwalls	ogółem total
KWK H	0	2	0	3	5
KWK P	0	0	0	0	0
KWK M	0	1	0	2	3
KWK MS	0	2	0	1	3
KWK MB	0	2	0	0	2
KWK BB	0	2	1	2	5
KWK BZ	0	2	0	3	5
Ogółem / Total	0	11	1	11	23

KWK H – KWK „Halemba-Wirek”, KWK P – KWK „Pokój”, KWK M – KWK „Makoszowy”, KWK MS – KWK „Mysłowice-Wesoła”, KWK MB – KWK „Murcki-Staszic”, KWK BB – KWK „Borynia-Zofiówka” Ruch „Borynia”, KWK BZ – KWK „Borynia-Zofiówka” Ruch „Zofiówka”.

Ocena kosztu energetycznego pracy

Ocenę kosztu energetycznego pracy prowadzono w 6 kopalniach węgla kamiennego należących do Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., Katowickiego Holdingu Węglowego oraz Kompani Węglowej S.A. Oceną objęto pracę łącznie 221 górników zatrudnionych na następujących stanowiskach pracy: przodki ścianowe (27 kombajnistów, 31 górników sekcyjnych, 23 pracowników dozoru, 12 mechaników i elektryków, 17 pracowników pomocniczych), przodki korytarzowe (25 kombajnistów pracujących, 16 górników w przodku, 12 pracowników dozoru, 24 mechaników i elektryków) oraz transport i przesypy przenośników (34 pracowników). Charakterystykę grup górników zatrudnionych na analizowanych stanowiskach pod względem wieku, wzrostu, masy ciała i wskaźnika masy ciała (body mass index – BMI) przedstawiono w tabeli 2.

Do oceny kosztu energetycznego pracy wykorzystano zapisy częstości skurczów serca u pracujących górników, które następnie posłużyły do obliczeń kosztu energetycznego pracy, zgodnie z formułami zawartymi w PN-EN ISO 8996 [5]. Średni koszt energetyczny pracy przedstawiono jako średnią ważoną, gdzie wagą był czas, w którym występowała ta sama częstość skurczów serca przy wykonywaniu pracy.

Rejestracja częstości skurczów serca przeprowadzono pulsometrem Suunto Memory Belt (prod. Suunto, Finlandia) – od momentu jego założenia na klatkę piersiową badanego górnika przed zjazdem do momentu zdjęcia pulsometru po wyjeździe pracownika na powierzchnię. Urządzenie zapisywało i przechowywało dane z pomiaru, a po zakończeniu pomiaru dane z pulsometru przegrywano i poddawano analizie. Informacje na temat godziny założenia miernika, godziny zjazdu górnika, godziny jego dojścia do miejsca pracy, godziny zejścia ze stanowiska, godziny wyjazdu na powierzchnię oraz godziny zdjęcia pulsometru umożliwiły wyróżnienie i analizę poszczególnych etapów procesu pracy od zjazdu do wyjazdu na powierzchnię.

WYNIKI

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na znaczne zróżnicowanie czasu trwania wyróżnionych etapów procesu pracy na poszczególnych stanowiskach. Największa zmienność czasu trwania występowała na etapie drogi na stanowisko oraz od powrotu ze stanowiska do wyjazdu na powierzchnię. Najdłuższy średni czas przebywania pracowników na dole w kopalni, od momentu zjazdu do wyjazdu na powierzchnię, odnotowa-

Tabela 2. Charakterystyka badanych górników
Table 2. Characteristics of the studied miners

Stanowisko pracy Workstation	Wiek [w latach] Age [years] (M±SD)	Wzrost Height [cm] (M±SD)	Masa ciała Body mass [kg] (M±SD)	BMI (M±SD)
Przodki ścianowe / Longwalls				
kombajniści / combine drivers (N = 27)	40±5	177±7	89±9	28,4±2,8
sekcjoni / support section (N = 31)	38±5	177±6	85±12	26,9±3,1
dozór / supervision (N = 23)	34±7	179±6	85±11	26,6±2,9
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 12)	34±7	177±7	82±12	26,3±2,7
pracownicy pomocniczy / support staff (N = 17)	33±8	177±8	84±9	26,6±2,9
Przodki korytarzowe / Corridor foreheads				
kombajniści / combine drivers (N = 25)	39±6	176±5	83±8	26,8±2,8
górnicy w przodku / miners in forehead (N = 16)	37±7	176±7	86±11	27,8±1,9
dozór / supervision (N = 12)	32±6	181±7	85±10	26,1±3,4
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 24)	37±6	178±7	85±15	26,7±4,1
Transport, dostawa / Transport, haulage				
transport – przesypy przenośników / transport – broadcast with conveyors (N = 34)	36±8	175±6	80±12	26,0±3,5

M – średnia / mean, SD – odchylenie standardowe / standard deviation, BMI – wskaźnik masy ciała / body mass index.

Tabela 3. Czas trwania etapów procesu pracy górników
Table 3. Duration of individual steps of the miners' working process

Stanowisko pracy Workstation	Czas trwania etapów procesu pracy Duration of the work process steps											
	zjazd-wyjazd (ogółem w czasie zmiany) going down – exit to the surface (total during shift)				droga do miejsca realizacji zadań road to the place of tasks performance				droga z miejsca realizacji zadań road from the place of tasks performance			
	min (M±SD)	R (V) [min (%)]	min (M±SD)	R (V) [min (%)]	min (M±SD)	R (V) [min (%)]	min (M±SD)	R (V) [min (%)]	min (M±SD)	R (V) [min (%)]	min (M±SD)	R (V) [min (%)]
Przodki ścianowe / Longwalls												
kombajniści / combine drivers (N = 75)	436±23	111 (5)	52±17	95 (33)	338±27	132 (8)	44±12	61 (27)				
sekcyni / support section (N = 112)	431±34	228 (8)	52±13	75 (25)	338±36	240 (11)	43±10	60 (23)				
dozór / supervision (N = 72)	420±36	163 (9)	53±18	90 (34)	319±40	170 (13)	48±17	90 (35)				
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 41)	416±38	115 (9)	54±16	55 (30)	313±44	140 (14)	47±16	62 (34)				
pracownicy pomocniczy / auxiliary staff (N = 47)	415±36	122 (9)	53±12	60 (23)	309±45	165 (15)	45±12	55 (27)				
Przodki korytarzowe / Corridor foreheads												
kombajniści / combine drivers (N = 84)	385±35	160 (9)	52±20	81 (39)	291±40	185 (14)	46±11	49 (24)				
górnicy w przodku / miners in forehead (N = 58)	380±32	175 (8)	55±17	59 (31)	280±32	160 (11)	45±13	66 (29)				
dozór / supervision (N = 38)	396±42	135 (11)	57±17	60 (30)	300±47	205 (16)	49±16	80 (33)				
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 84)	390±42	140 (11)	58±18	96 (31)	277±34	135 (12)	51±20	90 (39)				
Transport, dostawa / Transport, haulage												
transport – przesyepy przenośników / transport – broadcast with conveyors (N = 100)	409±42	145 (10)	41±16	66 (39)	321±46	200 (14)	40±14	61 (35)				

R – rozstęp (obszar zmienności) / interval (area of variation), V – współczynnik zmienności / coefficient of variation.
 Inne skróty jak w tabeli 2 / Other abbreviations as in Table 2.

no na stanowiskach zlokalizowanych w ścianie – ponad 7 godz. u kombajnistów i sekcyjnych, przy średnim czasie wykonywania pracy na stanowisku wynoszącym 5,5 godz. (tab. 3).

Całkowity czas pracy pod ziemią (od zjazdu do wyjazdu) podano w tabeli 3. w kolumnie pierwszej dla poszczególnych stanowisk pracy i jest on sumą czasów z pozostałych kolumn – pracy na stanowisku i czasów dojazdu i powrotu z miejsca realizacji zadań. Z wartości przytoczonych w tabeli 3. wynika, że czas dojazdu załogi do miejsca pracy i powrotu z miejsca pracy zajmuje około 25% całej dniówki roboczej i istotnie wpływa na końcową wartość całkowitego kosztu energetycznego pracy.

Koszt energetyczny pracy oszacowano przy uwzględnieniu czasu przebywania pracowników na dole w kopalni – od momentu zjazdu do powrotu na powierzchnię. Najwyższy średni koszt energetyczny w trakcie wykonywania pracy występował na stanowisku górnika w przodku (207 W/m^2). Podobna wartość średniego kosztu energetycznego (206 W/m^2) występowała także wśród osób dozoru, pracujących w przodkach korytarzowych. Ich praca wiąże się z dużym stresem i bardzo dużą odpowiedzialnością, wymaga podejmowania natychmiastowych decyzji, szybkiego przemieszczania się w wyrobisku o ograniczonej przestrzeni ruchowej, często pracą fizyczną razem z pozostałymi pracownikami, co może być prawdopodobną przyczyną tak wy-

sokiego kosztu energetycznego. Natomiast najniższą wartość średniego kosztu pracy obliczono dla stanowiska pracownika pomocniczego (153 W/m^2) (tab. 4).

Wpływ wielkości metabolizmu i oporu cieplnego odzieży na wielkość wskaźnika dyskomfortu cieplnego zobrazowano w tabeli 5. i 6. Widoczny jest duży wpływ przerw w pracy, które znacząco zmniejszają koszt pracy i jednocześnie wielkość wskaźnika dyskomfortu cieplnego. Podobnie dzieje się przy zastosowaniu odzieży o mniejszym oporze cieplnym.

W tabeli 7. pokazano wpływ prędkości powietrza na wskaźnik dyskomfortu cieplnego. Przyjmuje się, że wzrost prędkości powyżej 3 m/s nie wpływa już znacząco na wymianę ciepła drogą konwekcji (dla przedziału temperatur w gorącym środowisku górnym).

W tabelach 8–11. zamieszczono wybrane wyniki obliczeń wskaźnika dyskomfortu cieplnego δ . Ponieważ zakresy zmian parametrów powietrza i otoczenia są duże i przedstawienie dla tych danych wyników obliczeń wskaźnika dyskomfortu cieplnego zajęłoby dużo miejsca, w niniejszym artykule uwzględniono tylko warunki klimatyczne najczęściej występujące podczas prowadzonych badań. Obejmują one przedział temperatur $25\text{--}28^\circ\text{C}$ i $70\text{--}90\%$ wilgotności dla przodków ścianowych oraz wyrobisk korytarzowych (przodków), dla których policzono obciążenie cieplne w wybranych zakresach.

Tabela 4. Średni koszt pracy od zjazdu górników na dół kopalni węgla kamiennego do ich wyjazdu na powierzchnię
Table 4. The average labor cost from the exit of miners down the coal-mine to their departure to the surface

Stanowisko pracy Workstation	Średni koszt pracy Average labor cost	
	W/m ² (M±SD)	V [%]
Przodki ścianowe / Longwalls		
kombajniści / combine drivers (N = 75)	174±55	32
sekcyjni / support section (N = 112)	174±57	33
dozór / supervision (N = 72)	150±63	42
mechanicy, elektrycy / mechanics, electricians (N = 41)	167±52	31
pracownicy pomocniczy / auxiliary staff (N = 47)	153±46	30
Przodki korytarzowe / Corridor foreheads		
kombajniści / combine drivers (N = 84)	171±49	29
górnicy w przodku / miners in forehead (N = 58)	207±46	22
dozór / supervision (N = 38)	206±75	36
mechanicy, elektrycy / mechanics, electricians (N = 84)	187±62	33
Transport, dostawa / Transport, haulage		
transport – przesypy przenośników / transport – broadcast with conveyors (N = 100)	169±55	33

Skróty jak w tabeli 2 i 3 / Abbreviations as in Tables 2 and 3.

Tabela 5. Wpływ zmiany wydatku energetycznego (metabolizmu) na obciążenie cieplne organizmu górnika (z uwzględnieniem przerw w pracy) na podstawie wskaźnika dyskomfortu cieplnego (δ)*
Table 5. Effects of the change in energy cost (metabolism) on thermal load of miners' organism (including work breaks), based on the coefficient of thermal discomfort (δ)*

Metabolizm początkowy Initial metabolism (M_0)	Stosunek czasu pracy do czasu przerwy Work time to work break relation (t_{pr}/t_{br}) [min]	Metabolizm z uwzględnieniem przerwy w pracy Metabolism with regard to work break [W/m ²]	Wskaźnik dyskomfortu cieplnego Coefficient of thermal discomfort (δ)	Warunki klimatyczne Climatic conditions
65 W/m ² – odpoczynek / rest	60/0	65,00	0,42	zadowalające / satisfactory
	100 W/m ² – praca lekka / light work			
	60/0	100,00	0,76	trudne / difficult
	50/10	94,17	0,70	trudne / difficult
	40/20	88,33	0,65	trudne / difficult
	30/30	82,50	0,59	trudne / difficult
	20/40	76,67	0,53	trudne / difficult
	10/50	70,83	0,48	zadowalające / satisfactory
165 W/m ² – praca umiarkowana / moderate work	60/0	165,00	0,95	bardzo trudne / very difficult
	50/10	148,33	0,90	bardzo trudne / very difficult
	40/20	131,67	0,85	bardzo trudne / very difficult
	30/30	115,00	0,80	bardzo trudne / very difficult
	20/40	98,33	0,74	trudne / difficult
	10/50	81,67	0,58	trudne / difficult
230 W/m ² – praca ciężka / heavy work	60/0	230,00	1,05	niebezpieczne / dangerous
	50/10	202,50	1,01	niebezpieczne / dangerous
	40/20	175,00	0,97	bardzo trudne / very difficult
	30/30	147,50	0,90	bardzo trudne / very difficult
	20/40	120,00	0,82	bardzo trudne / very difficult
	10/50	92,50	0,69	trudne / difficult

* Pracownik zaaklimatyzowany, ubrany w odzież o oporze cieplnym $I_{cl} = 1$ clo, pracujący w środowisku o $t_s = 28^\circ\text{C}$, $\phi = 80\%$, $w = 1$ m/s / Acclimatized worker, dressed in thermal resistance clothing $I_{cl} = 1$ clo, working at the environment temperature of about $t_s = 28^\circ\text{C}$, $\phi = 80\%$, $w = 1$ m/s.

Tabela 6. Wpływ zmiany oporu cieplnego odzieży na obciążenie termiczne organizmu górnika na podstawie wskaźnika dyskomfortu cieplnego (δ)*
Table 6. Effects of the change in clothing thermal resistance on thermal load of miner's organism, based on the coefficient of thermal discomfort (δ)*

Metabolizm Metabolism (M)	Opór cieplny odzieży Clothing thermal resistance (I_{cl}) [clo]	Wskaźnik dyskomfortu cieplnego Coefficient of thermal discomfort (δ)	Warunki klimatyczne Climatic conditions
65 W/m ² – odpoczynek / rest	1,0	0,42	zadowalające / satisfactory
	0,8	0,31	zadowalające / satisfactory
	0,6	0,00	komfort cieplny / thermal comfort

Tabela 6. Wpływ zmiany oporu cieplnego odzieży na obciążenie termiczne organizmu górnika na podstawie wskaźnika dyskomfortu cieplnego (δ)^{*} – cd.

Table 6. Effects of the change in clothing thermal resistance on thermal load of miner's organism, based on the coefficient of thermal discomfort (δ)^{*} – cont.

Metabolizm Metabolism (M)	Opór cieplny odzieży Clothing thermal resistance (I_{cl}) [clo]	Wskaźnik dyskomfortu cieplnego Coefficient of thermal discomfort (δ)	Warunki klimatyczne Climatic conditions
100 W/m ² – praca lekka / light work	1,0	0,76	trudne / difficult
	0,8	0,64	trudne / difficult
	0,6	0,34	zadawalające / satisfactory
165 W/m ² – praca umiarkowana / moderate work	1,0	0,95	bardzo trudne / very difficult
	0,8	0,87	bardzo trudne / very difficult
	0,6	0,65	trudne / difficult
230 W/m ² – praca ciężka / heavy work	1,0	1,05	niebezpieczne / dangerous
	0,8	1,00	niebezpieczne / dangerous
	0,6	0,84	bardzo trudne / very difficult

* objaśnienie jak w tabeli 5 / Explanation as in Table 5.

Tabela 7. Wpływ zmiany prędkości powietrza na obciążenie termiczne organizmu górnika na podstawie wskaźnika dyskomfortu cieplnego (δ)^{*}

Table 7. Effects of the change in the air velocity on thermal load of miner's organism, based on the coefficient of thermal discomfort (δ)^{*}

Metabolizm Metabolism (M)	Prędkość powietrza Air velocity (w) [m/s]	Wskaźnik dyskomfortu cieplnego Coefficient of thermal discomfort (δ)	Warunki klimatyczne Climatic conditions
65 W/m ² – odpoczynek / rest	0,5	0,48	zadawalające / satisfactory
	1,0	0,42	zadawalające / satisfactory
	2,0	0,28	zadawalające / satisfactory
	3,0	0,19	korzystne / profitable
100 W/m ² – praca lekka / light work	0,5	0,81	bardzo trudne / very difficult
	1,0	0,76	trudne / difficult
	2,0	0,64	trudne / difficult
	3,0	0,56	trudne / difficult
165 W/m ² – praca umiarkowana / moderate work	0,5	0,99	bardzo trudne / very difficult
	1,0	0,95	bardzo trudne / very difficult
	2,0	0,88	trudne / difficult
	3,0	0,83	trudne / difficult
230 W/m ² – praca ciężka / heavy work	0,5	1,07	niebezpieczne / dangerous
	1,0	1,05	niebezpieczne / dangerous
	2,0	0,99	bardzo trudne / very difficult
	3,0	0,95	bardzo trudne / very difficult

* objaśnienie jak w tabeli 5 / Explanation as in Table 5.

Tabela 8. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) przy prędkości przepływu powietrza 0,5 m/s na stanowiskach pracy w kopalniach węgla kamiennego objętych pomiarami
Table 8. Coefficient of thermal discomfort (δ) at the air velocity of 0.5 m/s at the coal miners' workstations under measurements

		Wskaźnik dyskomfortu cieplnego w różnych warunkach klimatycznych Coefficient of thermal discomfort in different climatic conditions (δ)											
Tempo metabolizmu (koszt pracy) dla różnych parametrów powietrza Metabolic rate (labor cost) for different air parameters [W/m ²]	Stanowisko pracy Workstation	temperatura termometru suchego dry temperature					wilgotność względna powietrza relative humidity						
		25,0°C	25,0°C	25,0°C	26,0°C	26,0°C	26,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	28,0°C	28,0°C
		70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%
		temperatura termometru wilgotnego wet temperature											
		21,1°C	22,5°C	23,8°C	22,0°C	23,4°C	24,7°C	22,9°C	24,3°C	25,7°C	23,8°C	25,3°C	26,7°C
Przedki ścianowe / Longwalls													
kombajniści / combine drivers (N = 75)													
M		0,81	0,85	0,88	0,86	0,89	0,93	0,91	0,95	0,98	0,96	1,00	1,04
maks. / max		1,07	1,08	1,10	1,09	1,10	1,12	1,11	1,12	1,14	1,13	1,14	1,15
sekcyni / support section (N = 112)													
M		0,81	0,85	0,88	0,86	0,89	0,93	0,91	0,95	0,98	0,96	1,00	1,04
maks. / max		1,07	1,08	1,10	1,09	1,10	1,13	1,11	1,12	1,14	1,13	1,14	1,15
dozór / supervision (N = 72)													
M		0,73	0,77	0,80	0,79	0,83	0,86	0,84	0,89	0,93	0,90	0,95	0,99
maks. / max		1,06	1,07	1,09	1,08	1,09	1,11	1,10	1,11	1,13	1,12	1,13	1,15
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 41)													
M		0,80	0,83	0,86	0,85	0,89	0,91	0,90	0,94	0,97	0,95	0,99	1,03
maks. / max		1,06	1,07	1,09	1,08	1,09	1,11	1,10	1,11	1,13	1,12	1,13	1,15
pracownicy pomocniczy / auxiliary staff (N = 47)													
M		0,74	0,78	0,81	0,80	0,84	0,87	0,86	0,90	0,94	0,91	0,96	1,00
maks. / max		0,99	1,00	1,02	1,02	1,03	1,05	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08

Tabela 8. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) przy prędkości przepływu powietrza 0,5 m/s na stanowiskach pracy w kopalniach węgla kamiennego objętych pomiarami – cd.
Table 8. Coefficient of thermal discomfort (δ) at the air velocity of 0.5 m/s at the coal miners' workstations under measurements – cont.

		Wskaźnik dyskomfortu cieplnego w różnych warunkach klimatycznych Coefficient of thermal discomfort in different climatic conditions (δ)											
		Tempo metabolizmu (koszt pracy) dla różnych parametrów powietrza Metabolic rate (labor cost) for different air parameters [W/m ²]					temperatura termometru suchego dry temperature						
		70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%
		wilgotność względna powietrza relative humidity					temperatura termometru wilgotnego wet temperature						
		21,1°C	22,5°C	23,8°C	22,0°C	23,4°C	24,7°C	22,9°C	24,3°C	25,7°C	23,8°C	25,3°C	26,7°C
Przodki korytarzowe / Corridor foreheads													
kombajniści / combine drivers (N = 84)													
M	171	0,80	0,84	0,87	0,86	0,89	0,92	0,91	0,94	0,98	0,95	1,00	1,03
maks. / max	311	1,08	1,09	1,11	1,10	1,11	1,13	1,12	1,13	1,15	1,14	1,15	1,17
górnicy w przodku / miners in forehead (N = 58)													
M	207	0,88	0,91	0,93	0,92	0,95	0,98	0,97	1,00	1,03	1,01	1,04	1,08
maks. / max	315	1,09	1,10	1,12	1,11	1,12	1,14	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17
dozór / supervision (N = 38)													
M	200	0,87	0,90	0,92	0,90	0,94	0,97	0,95	0,99	1,02	1,00	1,03	1,07
maks. / max	277	1,02	1,03	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 84)													
M	186	0,84	0,87	0,90	0,89	0,91	0,95	0,93	0,97	1,00	0,98	1,02	1,05
maks. / max	365	1,17	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	1,21	1,21	1,22	1,22	1,23	1,23
Transport, dostawa / Transport, haulage													
transport – przesyły przenośników / transport – dumping of belts (N = 100)													
M	169	0,80	0,84	0,87	0,85	0,88	0,92	0,90	0,94	0,98	0,95	0,99	1,03
maks. / max	274	1,01	1,02	1,02	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10

M – średnia / mean, maks. – wartość maksymalna / max – maximal value.

Tabela 9. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) przy prędkości przepływu powietrza 1 m/s na stanowiskach pracy w kopalniach węgla kamiennego objętych pomiarami
Table 9. Coefficient of thermal discomfort (δ) at the air velocity of 1 m/s at the coal-miners' workstations under measurements

		Wskaźnik dyskomfortu cieplnego w różnych warunkach klimatycznych Coefficient of thermal discomfort in different climatic conditions (δ)											
Tempo metabolizmu (koszt pracy) dla różnych parametrów powietrza Metabolic rate (labor cost) for different air parameters [W/m ²]	Stanowisko pracy Workstation	temperatura termometru suchego dry temperature					wilgotność względna powietrza relative humidity						
		25,0°C	25,0°C	26,0°C	26,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C	
		70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%
		21,1°C	22,5°C	23,8°C	22,0°C	23,4°C	24,7°C	22,9°C	24,3°C	25,7°C	23,8°C	25,3°C	26,7°C
	Przedki ścianowe / Longwalls												
	kombajniści / combine drivers (N = 75)												
M		0,77	0,80	0,83	0,82	0,86	0,89	0,87	0,91	0,95	0,92	0,97	1,08
maks. / max		1,06	1,07	1,09	1,08	1,09	1,11	1,10	1,11	1,13	1,12	1,13	1,14
	sekcijni / support section (N = 112)												
M		0,77	0,80	0,83	0,82	0,86	0,89	0,87	0,91	0,95	0,92	0,97	1,08
maks. / max		1,06	1,07	1,09	1,08	1,09	1,11	1,10	1,11	1,13	1,12	1,13	1,14
	dozór / supervision (N = 72)												
M		0,68	0,72	0,75	0,74	0,78	0,82	0,80	0,84	0,88	0,86	0,91	0,95
maks. / max		1,05	1,06	1,08	1,07	1,08	1,10	1,09	1,10	1,12	1,11	1,12	1,14
	mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 41)												
M		0,75	0,79	0,83	0,81	0,84	0,88	0,86	0,90	0,94	0,91	0,96	0,99
maks. / max		1,05	1,06	1,08	1,07	1,08	1,10	1,09	1,10	1,12	1,11	1,12	1,14
	pracownicy pomocniczy / auxiliary staff (N = 47)												
M		0,69	0,73	0,76	0,75	0,79	0,83	0,81	0,86	0,89	0,87	0,92	0,96
maks. / max		0,98	0,99	1,01	1,01	1,02	1,04	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07

Tabela 9. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) przy prędkości przepływu powietrza 1 m/s na stanowiskach pracy w kopalniach węgla kamiennego objętych pomiarami – cd.
Table 9. Coefficient of thermal discomfort (δ) at the air velocity of 1 m/s at the coal-miners' workstations under measurements – cont.

		Wskaźnik dyskomfortu cieplnego w różnych warunkach klimatycznych Coefficient of thermal discomfort in different climatic conditions (δ)												
		Tempo metabolizmu (koszt pracy) dla różnych parametrów powietrza Metabolic rate (labor cost) for different air parameters [W/m ²]					temperatura termometru suchego dry temperature							
Stanowisko pracy Workstation		70%	80%	90%	25,0°C	26,0°C	26,0°C	26,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C
					wilgotność względna powietrza relative humidity									
		70%	80%	90%	temperatura termometru wilgotnego wet temperature									
		21,1°C	22,5°C	23,8°C	22,0°C	23,4°C	24,7°C	22,9°C	24,3°C	25,7°C	23,8°C	25,3°C	26,7°C	
Przodki korytarzowe / Corridor foreheads														
kombajnści / combine drivers (N = 84)														
M	171	0,76	0,79	0,83	0,81	0,85	0,88	0,87	0,91	0,94	0,92	0,96	1,00	
maks. / max	311	1,07	1,08	1,10	1,09	1,10	1,12	1,11	1,12	1,14	1,13	1,14	1,16	
górnicy w przodku / miners in forehad (N = 58)														
M	207	0,84	0,87	0,89	0,89	0,92	0,95	0,93	0,97	1,00	0,98	1,01	1,05	
maks. / max	315	1,08	1,09	1,11	1,10	1,11	1,13	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	
dozór / supervision (N = 38)														
M	200	0,83	0,86	0,88	0,87	0,91	0,93	0,92	0,95	0,99	0,97	1,00	1,04	
maks. / max	277	1,01	1,02	1,04	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10	
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 84)														
M	186	0,79	0,83	0,85	0,84	0,88	0,91	0,89	0,93	0,96	0,94	0,98	1,02	
maks. / max	365	1,16	1,16	1,17	1,18	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,21	1,21	1,22	
Transport, dostawa / Transport, haulage														
transport – przesyły przenośników / transport – dumping of belts (N = 100)														
M	169	0,76	0,79	0,82	0,81	0,85	0,88	0,86	0,90	0,94	0,92	0,96	1,00	
maks. / max	274	1,00	1,01	1,01	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,09	

M – średnia / mean, maks. – wartość maksymalna / max – maximal value.

Tabela 10. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) przy prędkości przepływu powietrza 2 m/s na stanowiskach pracy w kopalniach węgla kamiennego objętych pomiarami
Table 10. Coefficient of thermal discomfort (δ) at the air velocity of 2 m/s at the coal-miners' workstations under measurements

		Wskaźnik dyskomfortu cieplnego w różnych warunkach klimatycznych Coefficient of thermal discomfort in different climatic conditions (δ)											
Tempo metabolizmu (koszt pracy) dla różnych parametrów powietrza Metabolic rate (labor cost) for different air parameters [W/m ²]	Stanowisko pracy Workstation	temperatura termometru suchego dry temperature					wilgotność względna powietrza relative humidity						
		25,0°C	25,0°C	26,0°C	26,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C
		70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%
		temperatura termometru wilgotnego wet temperature											
		21,1°C	22,5°C	23,8°C	22,0°C	23,4°C	24,7°C	22,9°C	24,3°C	25,7°C	23,8°C	25,3°C	26,7°C
Przedki ścianowe / Longwalls													
kombajniści / combine drivers (N = 75)													
M		0,68	0,71	0,74	0,74	0,77	0,80	0,80	0,80	0,83	0,87	0,86	0,89
maks. / max		1,01	1,02	1,04	1,03	1,04	1,06	1,05	1,06	1,08	1,07	1,08	1,09
sekcijni / support section (N = 112)													
M		0,68	0,71	0,74	0,74	0,77	0,80	0,80	0,83	0,87	0,86	0,89	0,93
maks. / max		1,01	1,02	1,04	1,03	1,04	1,06	1,05	1,06	1,08	1,07	1,08	1,09
dozór / supervision (N = 72)													
M		0,58	0,61	0,64	0,65	0,68	0,72	0,72	0,75	0,79	0,78	0,82	0,86
maks. / max		1,00	1,01	1,03	1,02	1,03	1,05	1,04	1,05	1,07	1,06	1,07	1,09
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 41)													
M		0,67	0,70	0,72	0,73	0,76	0,79	0,78	0,82	0,85	0,84	0,88	0,92
maks. / max		1,00	1,01	1,03	1,02	1,03	1,05	1,04	1,05	1,07	1,06	1,07	1,09
pracownicy pomocniczy / auxiliary staff (N = 47)													
M		0,60	0,63	0,66	0,66	0,70	0,73	0,73	0,77	0,80	0,79	0,83	0,87
maks. / max		0,93	0,94	0,96	0,96	0,97	0,99	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02

Tabela 10. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) przy prędkości przepływu powietrza 2 m/s na stanowiskach pracy w kopalniach węgla kamiennego objętych pomiarami – cd.
Table 10. Coefficient of thermal discomfort (δ) at the air velocity of 2 m/s at the coal-miners' workstations under measurements – cont.

	Tempo metabolizmu (koszt pracy) dla różnych parametrów powietrza Metabolic rate (labor cost) for different air parameters [W/m ²]	Wskaźnik dyskomfortu cieplnego w różnych warunkach klimatycznych Coefficient of thermal discomfort in different climatic conditions (δ)											
		temperatura termometru suchego dry temperature						wilgotność względna powietrza relative humidity					
		25,0°C	25,0°C	26,0°C	26,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C
		70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%
		temperatura termometru wilgotnego wet temperature											
		21,1°C	22,5°C	23,8°C	22,0°C	23,4°C	24,7°C	22,9°C	24,3°C	25,7°C	23,8°C	25,3°C	26,7°C
Przodki korytarzowe / Corridor foreheads													
kombajniści / combine drivers (N = 84)													
M	171	0,68	0,70	0,73	0,74	0,77	0,80	0,79	0,83	0,86	0,85	0,89	0,92
maks. / max	311	1,01	1,02	1,04	1,03	1,04	1,06	1,05	1,06	1,08	1,07	1,08	1,10
górnicy w przodku / miners in forehead (N = 58)													
M	207	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,87	0,87	0,90	0,92	0,92	0,95	0,98
maks. / max	315	1,02	1,03	1,05	1,04	1,05	1,07	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,11
dozór / supervision (N = 38)													
M	200	0,75	0,77	0,80	0,80	0,83	0,86	0,85	0,88	0,91	0,91	0,94	0,97
maks. / max	277	0,96	0,97	0,99	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 84)													
M	186	0,72	0,74	0,77	0,77	0,80	0,83	0,82	0,86	0,89	0,88	0,91	0,95
maks. / max	365	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,16
Transport, dostawa / Transport, haulage													
transport – przesyły przenośników / transport – dumping of belts (N = 100)													
M	169	0,67	0,70	0,73	0,73	0,76	0,79	0,79	0,82	0,86	0,85	0,88	0,92
maks. / max	274	0,95	0,96	0,96	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04

M – średnia / mean, maks. – wartość maksymalna / max – maximal value.

Tabela 11. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) przy prędkości przepływu powietrza 3 m/s na stanowiskach pracy w kopalniach węgla kamiennego objętych pomiarami
Table 11. Coefficient of thermal discomfort (δ) at the air velocity of 3 m/s at the coal-mines' workstations under measurements

		Wskaźnik dyskomfortu cieplnego w różnych warunkach klimatycznych (δ) Coefficient of thermal discomfort in different climatic conditions											
Tempo metabolizmu (koszt pracy) dla różnych parametrów powietrza Metabolic rate (labor cost) for different air parameters [W/m ²]	Stanowisko pracy Workstation	temperatura termometru suchego dry temperature					wilgotność względna powietrza relative humidity						
		25,0°C	25,0°C	26,0°C	26,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C
		70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%
		temperatura termometru wilgotnego wet temperature											
		21,1°C	22,5°C	23,8°C	22,0°C	23,4°C	24,7°C	22,9°C	24,3°C	25,7°C	23,8°C	25,3°C	26,7°C
Przedki ścianowe / Longwalls													
kombajnści / combine drivers (N = 75)													
M		0,63	0,65	0,68	0,69	0,72	0,75	0,75	0,78	0,81	0,81	0,84	0,88
maks. / max		0,97	0,98	1,00	0,99	1,00	1,02	1,01	1,02	1,04	1,03	1,04	1,05
sekcyni / support section (N = 112)													
M		0,63	0,65	0,68	0,69	0,72	0,75	0,75	0,78	0,81	0,81	0,84	0,88
maks. / max		0,97	0,98	1,00	0,99	1,00	1,02	1,01	1,02	1,04	1,03	1,04	1,05
dozór / supervision (N = 72)													
M		0,52	0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,66	0,69	0,73	0,73	0,77	0,81
maks. / max		0,96	0,97	0,99	0,98	0,99	1,01	1,00	1,01	1,03	1,02	1,03	1,05
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 41)													
M		0,61	0,63	0,66	0,67	0,70	0,73	0,73	0,76	0,80	0,80	0,83	0,87
maks. / max		0,96	0,97	0,99	0,98	0,99	1,01	1,00	1,01	1,03	1,02	1,03	1,05
pracownicy pomocniczy / auxiliary staff (N = 47)													
M		0,53	0,56	0,59	0,60	0,63	0,66	0,67	0,71	0,74	0,74	0,78	0,82
maks. / max		0,89	0,90	0,92	0,92	0,93	0,95	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98

Tabela 11. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) przy prędkości przepływu powietrza 3 m/s na stanowiskach pracy w kopalniach węgla kamiennego objętych pomiarami – cd.
Table 11. Coefficient of thermal discomfort (δ) at the air velocity of 3 m/s at the coal-mines' workstations under measurements – cont.

Tempo metabolizmu (koszt pracy) dla różnych parametrów powietrza Metabolic rate (labor cost) for different air parameters [W/m ²]	Wskaźnik dyskomfortu cieplnego w różnych warunkach klimatycznych Coefficient of thermal discomfort in different climatic conditions (δ)											
	temperatura termometru suchego dry temperature						wilgotność względna powietrza relative humidity					
	25,0°C	25,0°C	26,0°C	26,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C	28,0°C
	70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%	70%	80%	90%
	21,1°C	22,5°C	23,8°C	22,0°C	23,4°C	24,7°C	22,9°C	24,3°C	25,7°C	23,8°C	25,3°C	26,7°C
Przodki korytarzowe / Corridor foreheads												
kombajniści / combine drivers (N = 84)												
M	0,62	0,64	0,67	0,68	0,71	0,74	0,74	0,77	0,81	0,80	0,84	0,87
maks. / max	0,96	0,97	0,99	0,98	0,99	1,01	1,00	1,01	1,03	1,02	1,03	1,05
górnicy w przodku / miners in forehead (N = 58)												
M	0,72	0,74	0,76	0,77	0,79	0,82	0,83	0,85	0,88	0,88	0,91	0,94
maks. / max	0,97	0,98	1,00	0,99	1,00	1,02	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,06
dozór / supervision (N = 38)												
M	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81	0,84	0,86	0,86	0,89	0,92
maks. / max	0,92	0,93	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01
mechanicy i elektrycy / mechanics and electricians (N = 84)												
M	0,66	0,68	0,71	0,72	0,74	0,77	0,78	0,81	0,84	0,83	0,87	0,90
maks. / max	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11
Transport, dostawa / Transport, haulage												
transport – przesyły przenośników / transport – dumping of belts (N = 100)												
M	0,61	0,64	0,67	0,68	0,70	0,73	0,74	0,77	0,80	0,80	0,83	0,87
maks. / max	0,91	0,92	0,92	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00

M – średnia / mean, maks. – wartość maksymalna / max – maximal value.

Przyjęto też kilka przedziałów prędkości przepływającego powietrza (0,5 m/s, 1 m/s, 2 m/s i 3 m/s). Jedną z dróg wymiany ciepła człowieka z otoczeniem jest droga konwekcji. Ze względu na panujące zmienne warunki klimatyczne w wyrobiskach górniczych podczas pełnej zmiany roboczej należy posługiwać się wartościami średnimi parametrów powietrza i otoczenia. W obliczeniach wskaźnika dyskomfortu cieplnego posłużono się kosztem pracy wyznaczonym na podstawie częstości skurczów serca.

Tabele 8–11. są tabelami poglądowymi, pozwalającymi zobrazować, jak wiele czynników i w jaki sposób wpływa na obciążenie cieplne organizmu człowieka. Autorzy niniejszego artykułu dysponują własnym oprogramowaniem, które umożliwia wyznaczanie wskaźnika dyskomfortu cieplnego na podstawie parametrów powietrza, otoczenia i parametrów człowieka (praca, ubiór, aklimatyzacja).

Metabolizm w niniejszych badaniach był określany na podstawie pomiarów częstości skurczów serca, również przez program komputerowy dołączany do pulsometrów, gdzie obliczona wartość była średnią ważoną (wagę stanowił czas). Zebrane w ten sposób dane posłużyły do obliczenia średnich poziomów metabolizmu dla poszczególnych stanowisk pracy.

W niniejszym artykule operowano wartościami średnimi parametrów powietrza, wyznaczonymi na podstawie czasu przebywania danego pracownika w danych warunkach otoczenia. Próba określania poziomu metabolizmu wyłącznie na podstawie jednego parametru otoczenia (np. dla konkretnej wartości temperatury powietrza mierzonej termometrem suchym) byłaby nieudana, ponieważ w tym samym czasie zmianie ulegały inne parametry powietrza (np. wilgotność względna, wilgotność właściwa, prędkość powietrza), wpływające na poziom metabolizmu. W związku z tym autorzy niniejszego artykułu zdecydowali się podawać wyłącznie wartości średnie.

OMÓWIENIE

Oszacowanie kosztu energetycznego pracy jest jednym z najistotniejszych elementów higienicznej oceny stanowiska pracy. Stanowi podstawę nie tylko klasyfikacji ciężkości pracy, ale także oceny oddziaływania warunków pracy (mikroklimatu) na organizm pracownika i możliwości bezpiecznego realizowania przez niego wyznaczonych zadań.

W przeprowadzonych badaniach zwraca uwagę duża zmienność kosztu pracy wykonywanej przez pracowni-

ków na jej poszczególnych stanowiskach. Koszt energetyczny pracy – tak jak każdy czynnik wpływający na obciążenie pracownika pracą i bezpieczeństwo jej wykonywania – powinien być oceniany dla każdego stanowiska z uwzględnieniem rzeczywistych warunków pracy. Na wielkość tego kosztu wpływa bowiem wiele czynników, które są podstawą jego znacznego zróżnicowania, nawet na tym samym stanowisku i przy wykonywaniu pracy przez tego samego pracownika. Czynniki, które w tym zakresie należy uwzględnić to:

- czas trwania danej czynności (zadania) i całej wykonywanej pracy,
- zakres wykonywanych prac,
- sposób wykonywania poszczególnych zadań,
- wykorzystywane maszyny, urządzenia i narzędzia,
- podział prac między pracownikami,
- doświadczenie i umiejętności posiadane przez pracownika,
- warunki wykonywania pracy,
- system przerw,
- tempo pracy.

Istotne znaczenie ma także wykonywanie pracy na różnych zmianach, ponieważ zakres realizowanych zadań może znacznie się różnić z zależności od pory dnia czy fazy procesu technologicznego. Sytuacje występujące w procesie pracy okresowo, planowane lub nieplanowane (np. remonty, awarie), także wpływają na zmianę obrazu ustalonego, „typowego” obciążenia pracownika w czasie dnia pracy. Postęp technologiczny, mechanizacja, zastępowanie pracy mięśni pracownika poprzez wprowadzenie nowych technologii, maszyn, urządzeń i narzędzi, zmiany w zakresie organizacji i warunków pracy to podstawa do weryfikacji oceny obciążenia występującego na konkretnym stanowisku prac.

Z kolei jednym z najistotniejszych czynników decydujących o czasie trwania poszczególnych etapów procesu pracy jest lokalizacja stanowiska pracy na terenie kopalni oraz warunki i sposób przemieszczania się pracownika, a także charakter wykonywanej przez niego pracy. Decydują one, ile czasu w sumie pracownik musi poświęcić na dotarcie do stanowiska (miejsca realizacji wyznaczonych prac) i powrót z niego. Rzutuje to na czas poświęcany na bezpośrednią realizację zadań.

W badaniach przeprowadzonych w kopalniach widoczne jest znaczne zróżnicowanie czynników pracy i w konsekwencji ich wpływu na uzyskane wielkości kosztu energetycznego oraz ciężkość pracy. Średni koszt energetyczny pracy na stanowiskach objętych badaniami klasyfikuje wykonywaną przez górników pracę do kategorii prac umiarkowanych lub na pograniczu

pracy umiarkowanej i ciężkiej. Został on wyznaczony na podstawie średniej ważonej, gdzie wagą był czas występowania danej częstości skurczów serca podczas wykonywania pracy. Występowanie dużego zakresu i zmienności uzyskanych wartości dla stanowisk w kopalniach wskazuje jednak na możliwość występowania w niektórych przypadkach także obciążeń mniejszych lub znacznie większych, nawet z zakresie prac ciężkich i bardzo ciężkich. Żeby więc zachować pewność co do obciążeń występujących w rzeczywistości na danym stanowisku w kopalni, konieczne jest za każdym razem przeprowadzanie szczegółowych badań w tym zakresie.

Wskaźnik dyskomfortu cieplnego zależy od parametrów fizycznych mikroklimatu, od wydatku energetycznego pracownika, czyli rodzaju i intensywności pracy, od oporu cieplnego odzieży oraz stopnia aklimatyzacji – są to elementy wpływające na obciążenie cieplne górnika. Wskaźnik określa liczbowo lub procentowo, jak bardzo pod względem bezpieczeństwa cieplnego warunki klimatyczne panujące w danym środowisku pracy różnią się od warunków klimatycznych komfortu cieplnego i od warunków klimatycznych granicznych.

Na podstawie wartości wskaźnika dyskomfortu cieplnego można nie tylko oceniać klimatyczne warunki pracy, lecz również przeprowadzać analizę wpływu poszczególnych parametrów klimatu, ubioru i wydatku energetycznego człowieka na poprawę lub pogorszenie się warunków klimatycznych w środowisku pracy (tab. 5–11). Można szybko ocenić, jak zmiana rodzaju odzieży wpłynie na obciążenie cieplne pracowników.

Wskaźnik dyskomfortu cieplnego pracowników jest bardzo dobrym parametrem oceny bezpieczeństwa termicznego człowieka podczas pracy. Jeżeli wskaźnik d będzie równy lub większy od jedności, praca w danym środowisku powinna być zabroniona ze względu na niebezpieczeństwo stresu lub udaru cieplnego pracownika.

W tabelach 8–11. z obliczonym wskaźnikiem δ wyraźnie da się zauważyć wiele sytuacji, w których przekroczono dopuszczalny zakres parametrów obciążenia cieplnego dla pracy bezpiecznej dla zdrowia człowieka. Należy jednak nadmienić, że co prawda dla wartości maksymalnych wskaźnik δ jest większy od 1, ale dla wartości średniego kosztu pracy mieści się już w górnych (ale dopuszczalnych) granicach obciążenia cieplnego.

Nie można zapominać, że na warunki panujące w wyrobisku wpływają przede wszystkim temperatura pierwotna górotworu, moc maszyn i urządzeń zainstalowanych w wyrobisku, wielkość wydobywania węgla i ilość powietrza przepływającego przez ścianę. Czynniki w znacznym stopniu kształtującymi warun-

ki klimatyczne w wyrobisku są początkowe parametry powietrza wpływającego do przodka ścianowego (temperatura i wilgotność). Od nich również zależy intensywność procesów wymiany ciepła i wilgoci. Mając powyższe na uwadze, możemy poprzez regulację parametrów powietrza na wlocie do ściany (temperatura, wilgotność i ilość powietrza) wydatnie wpływać na warunki panujące w wyrobisku ścianowym. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego (δ) w znacznym stopniu uzależniony jest od tych właśnie parametrów, dlatego ich odpowiedni dobór pozwala na pracę w optymalnych warunkach. Niestety w wielu przypadkach, w tym także w omawianym, mamy do czynienia ze znacznym oddaleniem wyrobisk od szybów wdechowych. Z tego powodu powietrze docierające do ściany jest już w znacznym stopniu nagrzane i zachodzi konieczność jego schładzania jeszcze w wyrobiskach dolotowych, co nie zawsze udaje się zrealizować w pożądanym zakresie.

Należy również pamiętać, że decydenci zmuszeni są szukać takiego rozwiązania, które przy najmniejszych nakładach pozwoli na pracę zgodną z przepisami. Nie może się to jednak odbywać kosztem zdrowia i życia pracowników. Wykorzystując wyniki badań i analiz zawartych w niniejszej pracy, można podjąć próbę takiego doboru kosztu energetycznego pracy w odniesieniu do panujących na stanowisku warunków klimatycznych, żeby obciążenie cieplne działające na organizm górnika było jak najmniejsze i bezpieczne dla jego zdrowia.

WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że praca w górnictwie wykonywana jest w niektórych przypadkach w warunkach dyskomfortu cieplnego. Ze względu na dużą zmienność i złożoność warunków pracy konieczne staje się weryfikowanie obciążenia pracowników na stanowiskach pracy, na które w dużym stopniu wpływają warunki środowiska i organizacja pracy oraz działania podejmowane przez samych pracowników.

Należy wskazać, że wykonywanie pracy w warunkach dyskomfortu cieplnego, ale także w górnych (ale dopuszczalnych) granicach obciążenia cieplnego, powinno wiązać się ze wzmożoną kontrolą warunków pracy i stanu zdrowia pracowników oraz wprowadzeniem działań profilaktycznych w zakresie technicznym, organizacyjnym i medycznym (w tym np. wprowadzeniem dodatkowych regulaminowych przerw w pracy, umożliwiających pracownikom odpoczynek, a przede

wszystkim zmniejszeniem kosztu energetycznego pracy jako istotnej składowej obciążenia cieplnego).

Wyniki przeprowadzonych badań, obliczeń i analiz mogą być pomocne przy rozpoznawaniu zagrożenia związanego z obciążeniem cieplnym i przy planowaniu działań profilaktycznych oraz mogą znaleźć zastosowanie we wszystkich kopalniach węgla kamiennego, w których występują trudne warunki klimatyczne.

PIŚMIENNICTWO

1. Wyższy Urząd Górniczy [Internet]: Urząd, Katowice 2016 [cytowany 15 stycznia 2015]. BHP w górnictwie. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie za lata 1997–2013. Adres: http://www.wug.gov.pl/bhp/stan_bhp_w_gornictwie
2. Cygankiewicz J., Knechtel J., Waclawik J.: Czynniki kształtujące warunki klimatyczne w wyrobiskach eksploatacyjnych. Arch. Min. Sci. 1994;39(4):507–526
3. Knechtel J., Gapiński D.: Zaktualizowane mapy izolacji temperatury pierwotnej skał kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Wydawnictwo GIG, Katowice 2005
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. DzU z 2002 r. nr 139 poz. 1169 z późn. zm., DzU z 2006 r. nr 124 poz. 863, DzU z 2010 r. nr 126 poz. 855
5. PN-EN ISO 8996:2005: Ergonomia środowiska termicznego – określanie tempa metabolizmu. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2005
6. Drenda J.: Dyskomfort cieplny w środowiskach pracy kopalń głębokich. Zesz. Nauk. Politechn. Śląsk. Górnictwo 1993;1205(213)
7. Fanger P.O.: Komfort cieplny. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1974

Załącznik 1.

Warunki klimatyczne w przodkach ścianowych w kopalni węgla kamiennego (KWK) – wzór tabeli do wypełnienia

Tabela danych klimatycznych w rejonach wentylacyjnych z przodkiem ścianowym							
1. Schemat przestrzenny rejonu wentylacyjnego z przodkiem ścianowym. 2. Kierunki przepływu powietrza. 3. Droga odstawy urobku. 4. Rozmieszczenie chłodnic powietrza. 5. Punkty pomiaru temperatur i prędkości powietrza: <ul style="list-style-type: none"> – wlot, środek i wylot ze ściany, – na przesypach taśmociągów, – wyrobiska przyścianowe, – na wlotach i wylotach z rejonu. 							
Punkt pomiarowy	Temperatura sucha (t _s) [°C]	Temperatura wilgotna (t _w) [°C]	Prędkość powietrza (w) [m/s]	Wydatek objętościowy (V) [m ³ /s]	Temperatura górotworu (t _g) [°C]	Poziom Głębokość (H) [m]	Liczba pracowników
1							– na ścianie: – pracowników pomocniczych: – wszystkich w rejonie:
2							
3							
4							
5							
6							
...							

Objaśnienie dotyczące pkt 1 i kolumny „Punkt pomiarowy” – do tabeli służby kopalniane dołączały schemat, na którym trzeba było zaznaczyć kierunki przepływu powietrza, drogi dostawy urobku, rozmieszczenia chłodnic powietrza i punkty pomiarowe.

Załącznik 2.

Warunki klimatyczne w przodkach korytarzowych (ślepych) w kopalni węgla kamiennego (KWK) – wzór tabeli do wypełnienia

Tabela danych klimatycznych przodków korytarzowych ślepych							
KWK: Nazwa przodka: Rodzaj wentylacji odrębnej:		Punkty pomiarowe: 					
Punkt pomiarowy	Temperatura sucha (t _s) [°C]	Temperatura wilgotna (t _w) [°C]	Prędkość powietrza (w) [m/s]	Wydatek objętościowy (V) [m ³]	Temperatura górotworu (t _g) [°C]	Poziom, głębokość przodka (H) [m]	Liczba pracowników
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Objaśnienie dotyczące kolumny „Temperatura górotworu” i „Poziom, głębokość przodka” – wypełniający podawali w nich wartość wspólną dla wszystkich punktów pomiarowych.