ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: GÓRNICTWO z.221 Nr kol. 1256

Barbara MADEJA-STRUMIŃSKA
Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej

GLOBALNY WSKAŹNIK OCENY KOMFORTU PRACY W KOPALNIACH GŁĘBINOWYCH

Streszczenie. Opracowano koncepcję wyznaczania globalnego wskaźnika oceny komfortu pracy w kopalniach głębinowych. Wskaźnik ten uwzględnia takie czynniki, jak: temperatura powietrza, wilgotność, jego prędkość przepływu, skład chemiczny, zanieczyszczenia, oświetlenie miejsc pracy oraz hałas na stanowiskach pracy. Podano także klasyfikację komfortu pracy w wyrobiskach górniczych.

GLOBAL RATE FOR WORK COMFORT ESTIMATING IN DEEP MINES

Summary. Concept of global rate for work comfort estimating in deep mines was worked out. The rate includes elements like air temperature, humidity, its flow velocity, chemical constitution, impurities, work places lighting and noise on work stand. Work comfort classification in mine excavations was also given.

INDICE GLOBAL DE L'ÉVALUATION DU CONFORT DE TRAVAIL DANS LES MINES SOUTERRAINES

Resumé. On a élaboré une conception de déterminer l'indice global de l'évaluation du confort de travail dans les mines souterraines en tenant compte des facteurs suivants: la température, l'humidit, la vitesse d'écoulement, la composition chimique et la pollution de l'air ainsi que l'éclairage et le bruit aux postes de travail. On a aussi présenté une classification du confort de travail dans les chantiers de mine.

1. WSTĘP

W celu stworzenia w wyrobiskach górniczych możliwie najlepszych warunków, przy których zapewniona jest ochrona życia i zdrowia załogi, jej dobre samopoczucie oraz zdolność do pracy, konieczne jest ciągłe kondycjonowanie powietrza w tych wyrobiskach.

Przez kondycjonowanie powietrza w technice rozumie się takie działanie, którego efektem jest przygotowanie określonej ilości powietrza w danym czasie, odpowiadającej pod względem fizykochemicznym warunkom pełnego komfortu pracy, ustalonego na podstawie badań fizjologii i psychologii pracy [1-4,6].

W górnictwie podziemnym komfort pracy jest określany trzema parametrami, do których należą temperatura i wilgotność powietrza oraz prędkość jego przepływu. Tak więc komfort pracy w górnictwie obejmuje jedynie pewien wycinek zjawisk mający wpływ na pełny komfort pracy. Współcześnie takie zawężenie problemu komfortu pracy w górnictwie podziemnym nie ma żadnego uzasadnienia.

W związku z tym w niniejszym artykule podjęto próbę opracowania globalnego wskaźnika oceny komfortu pracy w kopalniach głębinowych, w którym bierze się pod uwagę zespół takich czynników, jak: temperatura powietrza, wilgotność, jego prędkość przepływu, skład chemiczny, zapylenie powietrza, oświetlenie miejsca pracy oraz hałas na stanowiskach pracy. W artykule scharakteryzowano m. in. wpływ poszczególnych czynników na komfort pracy, podano sposób wyznaczania globalnego wskaźnika oraz przedstawiono klasyfikację komfortu pracy w miejscach pracy.

2. CHARAKTERYSTYKA CZYNNIKÓW DETERMINUJĄCYCH KOMFORT PRACY NA DOLE KOPALNI

Dotychczas stosowane sposoby oceny komfortu pracy w kopalniach głębinowych, jak już wspomniano, uwzględniają jedynie niektóre czynniki komfortu pracy, które porównuje się do przepisów górniczych, norm i wytycznych. W przypadku gdy którykolwiek z tych czynników nie spełnia odnośnych wymagań, to wówczas uznaje się, że w danym miejscu pracy występuje dyskomfort.

Abstrahując od tego, że aktualnie w kopalniach podziemnych komfort pracy jest określany tylko na podstawie temperatury powietrza kopalnianego, jego wilgotności i prędkości przepływu, okazuje się, że niektóre miejsca pracy mogą nie spełniać kilku wymagań dotyczących komfortu pracy. Tak np. równocześnie może być przekroczona dopuszczalna temperatura powietrza kopalnianego, zapylenie powietrza i stężenie metanu. W takich warunkach pogłębia się dyskomfort pracy, przy którym może dojść do zagrożenia zdrowia, a nawet życia załogi dołowej. W związku z tym celowe jest opracowanie globalnego wskaźnika oceny komfortu pracy, w którym bierze się pod uwagę zespół wyżej wymienionych czynników determinujących komfort pracy w kopalniach głębinowych.

Problem temperatury powietrza kopalnianego w miejscu pracy reguluje Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 1.08.1969 roku. Według tego Rozporządzenia temperatura powietrza w miejscu pracy nie powinna przekraczać 301.15 K (28°C) przy pomiarze termometrem suchym, a intensywność chłodzenia nie powinna być mniejsza od 460.46 W/m^2 (11 katastopni wilgotnych).

Przepisy górnicze ujęte w wymienionym Rozporządzeniu nie regulują zagadnienia wilgotności względnej powietrza kopalnianego. W praktyce polskich kopalń głębinowych wilgotność powietrza kopalnianego waha się zazwyczaj w granicach od $\phi = 0.6$ do $\phi = 1$. Należy zaznaczyć, że w przypadku nasycenia powietrza parą wodną, tzn. przy $\phi = 1$ oraz w przypadku wysokiej temperatury powietrza kopalnianego mogą wystąpić duże trudności klimatyczne w określonych miejscach pracy. Dlatego też dalej jako dopuszczalną wilgotność względną powietrza kopalnianego przyjmuje się $\phi = 0.9$.

Wartości graniczne stężeń składników powietrza kopalnianego wg przepisów [7] mogą wynosić: tlenu - 19%, dwutlenku węgla - 1%, tlenku węgla - 0.002%, dwutlenku azotu - 0.00025%, dwutlenku siarki - 0.0007%, siarkowodoru - 0.0007%.

Zgodnie z przepisami [7], graniczne prędkości powietrza w wyrobiskach górniczych są związane głównie z koniecznością zwalczania zagrożenia metanowego, a tylko w małym stopniu wiążą się z komfortem pracy. Prędkość powietrza w polach metanowych nie powinna być mniejsza od 0.3 m/s, a w wyrobiskach z elektryczną trakcją przewodową w polach metanowych prędkość ta nie może być mniejsza od 1 m/s.

Sposoby wykonywania pomiarów stężenia zapylenia powietrza kopalnianego, miejsca pomiarów, częstotliwość oraz dopuszczalne wartości stężeń podane są w Zarządzeniu Prezesa

WUG [8]. W zależności od zawartości wolnej krzemionki w pyle ustalone są następujące dopuszczalne stężenia powietrza kopalnianego:

Tablica 1

Dopuszczalne stężenia zapylenia powietrza kopalnianego

RODZAJ ZAPYLENIA	Dopuszczalne stężenie zapylenia powietrza przy zawartości wolnej krzemionki (SiO_2) w pyle			
	2%	2-10%	10-70%	>70%
Pył całkowity mg/m^3	10	4	2	1
Pył frakcji wdychanej mg/m^3		2	1	0.3

Oddziaływanie hałasu na organizm ludzki zależy od wielu czynników i można je podzielić na dokuczliwe, szkodliwe i przeszkadzające lub uniemożliwiające porozumiewanie się. Zgodnie z normą PN - 84 / N - 01307, równoważny poziom dźwięku na wszystkich stanowiskach pracy nie powinien przekraczać 85 dB (A) dla ośmiogodzinnego czasu pracy w hałasie [5].

O komforcie pracy w wyrobiskach górniczych pod ziemią w dużym stopniu decyduje oświetlenie. W podziemiach kopalń oświetlenie pochodzi od sztucznych źródeł promie-niowania. Do oceny i określenia wymogów dotyczących oświetlenia podziemnych wyrobisk górniczych wykorzystuje się normę PN - 83 / G-02600 zaktualizowaną w 1985r. [5].

W normie tej rozróżnia się pojęcie oświetlenia ogólnego, oświetlenia miejscowego wyrobiska górniczego oraz oświetlenia osobistego. Według tej normy minimalne wartości natężenia oświetlenia powinny wynosić odpowiednio: podszybie - 50 lx, chodniki transportowe - 2 lx wyrobiska eksploatacyjne - 2 lx, przesypy i napędy - 20 lx, załadownie, wysypy - 20 lx. Dalej przyjmuje się, że w celu zachowania minimalnego komfortu pracy natężenie oświetlenia wszystkich miejsc pracy w kopalni podziemnej powinno być nie mniejsze od 20 lx.

3. GLOBALNY WSKAŹNIK KOMFORTU PRACY

Z praktyki górniczej oraz badań naukowych wiadomo, że komfort pracy w poszczególnych kopalniach różni się między sobą niekiedy nawet bardzo znacznie. Określone kopalnie mogą na przykład charakteryzować się niskimi temperaturami powietrza kopalnianego i małymi jego wilgotnościami względnymi, a także małym zapyleniem powietrza itp. Inne natomiast kopalnie mogą mieć niskie temperatury powietrza kopalnianego, ale bardzo duże zapylenie i mogą w nich występować szkodliwe składniki powietrza kopalnianego, jak np. CO, NO_2.

Jak dotąd, nie ma obiektywnego wskaźnika umożliwiającego porównywanie komfortu pracy w różnych kopalniach [2-6].

W niniejszym artukule wprowadza się globalny wskaźnik oceny komfortu pracy **GWK**, w którym bierze się pod uwagę wszystkie czynniki wyszczególnione w rozdziale 1.

Im wyższa jest temperatura powietrza kopalnianego, tym gorszy jest komfort pracy. Za miarę komfortu pracy wynikającego z oddziaływania temperatury powietrza kopalnianego przyjmuje się wskaźnik W_1 zdefiniowany następująco:

$$W_1 = 1 - \frac{t_a}{28} \tag{1}$$

gdzie t_a - temperatura powietrza z przedziału (2° C, 28° C) zmierzona termometrem suchym.Jeśli $t_a > 28°C$, to do obliczeń przyjmuje się $t_a = 28°C$.

Składnik komfortu pracy W_2 zdeterminowany wilgotnością względną powietrza kopalnianego oblicza się z zależności

$$W_2 = 1 - \frac{\varphi}{90} \tag{2}$$

gdzie φ oznacza wilgotność względną powietrza kopalnianego wyrażoną w % z przedziału (30%, 90%). Jeśli $\varphi < 30\%$, to przyjmuje się $\varphi = 0$, a gdy $\varphi > 90\%$, to do wzoru (2) wstawia się $\varphi = 90$.

Kolejnymi składnikami komfortu pracy są stężenia poszczególnych gazów w powietrzu kopalnianym. Wskaźnik W_3 dotyczący tlenu jest wyznaczany ze wzoru

$$W_3 = 1 - \frac{1}{2} \cdot \Delta r_{O_2} \tag{3}$$

przy czym

$$\Delta r_{O_2} = 21 - r_{O_2} \tag{4}$$

We wzorach (3) i (4) wprowadzono następujące oznaczenia:

Δr_{O_2} - ubytek tlenu w powietrzu kopalnianym w procentach objętościowych,

r_{O_2} - stężenie tlenu w tym powietrzu.

Jeśli w powietrzu kopalnianym stężenie tlenu jest mniejsze od 19% ($r_{O_2} < 19\%$), to do wzoru (3) podstawia się $\Delta r_{O_2} = 2$.

Wskaźnik W_4 dotyczący dwutlenku węgla jest zdefiniowany następująco

$$W_4 = 1 - r_{CO_2} \tag{5}$$

gdzie r_{CO_2}- stężenie dwutlenku węgla w procentach objętościowych w powietrzu kopalnianym. Jeśli $r_{CO_2} > 1\%$, to do dalszych obliczeń przyjmuje się $r_{CO_2} = 1$. Natomiast gdy $r_{CO_2} < 0{,}03\%$, to do wzoru (5) wstawia się $r_{CO_2} = 0$.

Wskaźnik W_5 uwzględniający stężenie tlenku węgla definiuje wzór:

$$W_5 = 1 - 500\, r_{CO} \tag{6}$$

w którym r_{CO} - stężenie tlenku węgla w procentach objętościowych, przy czym gdy $r_{CO} > 0.002$, to przyjmuje się $r_{CO} = 0.002$.

Wskaźnik W_6 dotyczący dwutlenku azotu ujmuje wzór

$$W_6 = 1 - 4000\, r_{NO_2} \tag{7}$$

gdzie r_{NO_2} stężenie dwutlenku azotu. Do wzoru (7), w przypadku $r_{NO_2} > 0.00025$, przyjmuje się $r_{NO_2} = 0.00025$.

Dwutlenek siarki r_{SO_2} ujmuje wskaźnik W_7

$$W_7 = 1 - \frac{1}{0.0007} \cdot r_{SO} \tag{8}$$

w którym w przypadku gdy $r_{SO_2} > 0.0007$ należy przyjąć $r_{SO_2} = 0.0007$

W podobny sposób uwzględnia się siarkowodór, a mianowicie

$$W_8 = 1 - \frac{1}{0.0007} \cdot r_{H2S} \tag{9}$$

gdzie za r_{H2S} należy przyjąć $r_{H2S} = 0.0007$, gdy $r_{H2S} > 0.0007$.

Prędkości przepływu powietrza uwzględnia wskaźnik W_9, przy czym

$$W_9 = 1 - \frac{0.3}{w} \tag{10}$$

Jeśli $w < 0.3$, to przyjmuje się $w = 0.3$ m / s.

Zapylenie powietrza może być uwzględnione za pomocą wskaźnika W_{10}

$$W_{10} = 1 - \frac{b}{b_d} \tag{11}$$

gdzie b_d - oznacza dopuszczalne stężenie pyłu w powietrzu kopalnianymrówne odpowiednio 10, 4, 2, 1 w zależności od zawartości wolnej krzemionki w pyle (rozdział 2), b - rzeczywiste stężenie pyłu w tym powietrzu w mg / m^3.

Jeżeli $b > b_d$, to do obliczeń przyjmujemy $b = b_d$.

Oświetlenie wyrobisk górniczych ujmuje wskaźnik W_{11} zdefiniowany wzorem

$$W_{11} = 1 - \frac{20}{I_x} \tag{12}$$

w którym I_x oznacza natężenie oświetlenia w luksach. Jeśli $I_x < 20$, to przyjmuje się $I_x = 20$ luksów.

Wskaźnik W_{12} uwzględniający hałas ujmuje wzór

$$W_{12} = 1 - \frac{H}{85} \tag{13}$$

gdzie H - natężenie hałasu w dB. Gdy $H > 85$, to do obliczeń przyjmuje się $H_x = 85$ dB.

Globalny wskaźnik komfortu pracy w podziemiach kopalń ujęty jest zależnością

$$GWK = \frac{\sum_{i=1}^{N} Wi}{N} \tag{14}$$

gdzie W_i - wartości poszczególnych składników komfortu pracy,

N - ilość uwzględnionych w ocenie wskaźników W_i.

W globalnym wskaźniku komfortu pracy mogą być uwzględnione w podobny sposób również inne czynniki, jak np. wibracja, promieniowanie radioaktywne itp.

4. KLASYFIKACJA KOMFORTU PRACY

Z definicji globalnego wskaźnika komfortu pracy - GWK wzór (14) - wynika, że może on przyjmować wartości z przedziału [0,1], przy czym im wartość tego wskaźnika jest bliższa 1, tym komfort pracy jest lepszy. Biorąc to pod uwagę można wprowadzić następującą klasyfikację komfortu pracy w kopalniach głębinowych:

- bardzo dobry komfort pracy, gdy

$$\mathbf{GWK} > 0.75 \tag{15}$$

- dobry komfort pracy, gdy

$$0.50 < \mathbf{GWK} \leq 0.75 \tag{16}$$

- średni komfort pracy, gdy

$$0.25 < \mathbf{GWK} \leq 0.50 \tag{17}$$

- dyskomfort pracy, gdy

$$\mathbf{GWK} < 0.25 \tag{18}$$

W celu określenia kształtowania się komfortu pracy w czasie w różnych miejscach pracy, celowe jest badanie zmian czasowych globalnego wskaźnika komfortu pracy GWK. W tym celu należy sporządzać wykresy tego wskaźnika w układzie współrzędnych: odcięta - czas, rzędna - wartość wskaźnika. Na podstawie tych wykresów mogą być wyznaczone funkcje trendu określające ogólną tendencję zmian wskaźnika GWK w danym miejscu pracy, a także jego wahania okresowe.

5. ZAKOŃCZENIE

Globalny wskaźnik komfortu pracy umożliwia pełniejszą ocenę warunków pracy w różnych miejscach kopalń głębinowych. W szczególności badania zmian czasowych tego wskaźnika pozwalają na określenie trendu tych zmian, co może stanowić punkt wyjścia do prognozy komfortu pracy w kopalniach głębinowych. Ponadto możliwe jest analizowanie zmian poszczególnych wielkości interweniujących przy wyznaczaniu globalnego wskaźnika komfortu pracy, co powinno umożliwić skuteczniejsze podejmowanie działań profilaktycznych, zmierzających do poprawy komfortu pracy.

LITERATURA

[1] Praca zbiorowa: *Globalna ocena zagrożenia pożarowego w kopalniach węgla.* Raport Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej (badania własne), Wrocław 1992.

[2] Praca zbiorowa: *Analiza i ocena czynników wpływających na warunki pracy i procesy przewietrzania w kopalniach podziemnych.* Raport Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej (badania własne), Wrocław 1987.

[3] Frycz A.: *Klimatyzacja kopalń.* Wyd. Śląsk, Katowice 1981.

[4] Steimle F.: *Kurs klimatyzacji.* Arkady, Warszawa 1979.

[5] Kwiecień Z., Mruk K., Rydlewski J., Szponder T.: *Materiały do ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu bezpieczeństwo i higiena pracy w górnictwie.* Skrypt AGH nr 814, Kraków 1986.

[6] Drenda J.: *Dyskomfort cieplny w środowiskach pracy kopalń głębinowych.* Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo, z.213, Gliwice 1993.

[7] *Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 1 sierpnia 1969 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz bezpieczeństwa pożarowego w podziemnych zakładach górniczych.* Dziennik Ustaw 1969 nr 24.

[8] *Zarządzenie Prezesa WUG z dnia 5.03.1980r., w sprawie ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych w podziemnych zakładach górniczych przed działaniem pyłów.* Monitor Polski 1980, nr 10, poz 43

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Konrad WANIELISTA

Wpłynęło do Redakcji w maju 1994 r.

Abstract

Work comfort in underground mines is determinated by different factors like: air temperature, humidity, its flow velocity, chemical constitution, impurity of mine atmosphere,

work places lighting and noise on work stand. Methods for work comfort estimating in mines used until now took into consideration only separate comfort elements comparing them to mining rules, standards and principles. In case when any of the above elements do not meet the requirements, it is admitted that in this particular work place disscomfort appears. It is obvious that in some work places several elements may not meet the requirements about work conditions, for example at the same time mine air temperature, dustines of the air, methane concentration and the like can be exceed. In such circumstances substantial increase of discomfort occurs with possibility of the underground crew health or even life hazard. In this connection, global rate for work comfort estimating in deep mines, which takes into account a group of work comfort elements, was developed. Complex approach to work comfort estimating should enable to undertake more efficient preventive activities.

Influence of separate elements on work comfort, method of global rate calculation and comfort classification on work places were presented.