

Józef KNECHTEL
Główny Instytut Górnictwa, Katowice

ZWALCZANIE ZAGROŻENIA KLIMATYCZNEGO W POLSKICH KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO W ODNIESIENIU DO GÓRNICTWA ŚWIATOWEGO

Streszczenie. Dokonano oceny wiedzy w zakresie zwalczania zagrożenia klimatycznego w polskich kopalniach węgla kamiennego. Jako poziom odniesienia przyjęto osiągnięcia w tym zakresie państw o największym wydobyciu. Brano pod uwagę: sposób oceny poziomu zagrożenia klimatycznego (trafność prognoz klimatycznych), opracowane przez polskie ośrodki naukowo-badawcze wskaźniki oceny mikroklimatu, skuteczność zastosowanych wentylacyjnych środków prewencji zagrożenia klimatycznego, efektywność klimatyzacji lokalnej, grupowej i centralnej, a także niekonwencjonalne środki prewencji zagrożenia klimatycznego.

CLIMATIC HAZARD FIGHTING IN POLISH COAL MINES ON THE BACKGROUND OF MINING IN THE WORLD

Summary. The assessment was made of the current state of scientific knowledge in the Polish coal mining in the field of climatic hazard. The current achievements in this field applied in the countries of the highest-output mining were taken as a reference level. The following topics were taken into consideration: the methods for micro-climatic parameters prognosis (accuracy of procedures for climate parameters prediction), the indices for microclimate assessment, the efficiency of ventilational methods of climatic problem alleviation, the efficiency of local air conditioning systems as well as the merits of unconventional methods of climatic hazard prevention.

1. Wstęp

Jednym z zagrożeń naturalnych występujących w górnictwie podziemnym jest zagrożenie klimatyczne. Przez pojęcie zagrożenia klimatycznego rozumie się niekorzystny wpływ parametrów termicznych mikroklimatu na organizm ludzki. Zagadnienia ciepłych warunków

pracy i klimatyzacji w górnictwie mają swoją specyfikę odróżniającą je od problemów wentylacyjno - klimatycznych w innych gałęziach przemysłu. W wielu przypadkach klimatyzacja kopalni stanowi niezbędny warunek bezpiecznej i zgodnej z zasadami higieny oraz fizjologii pracy górników. Aby spełnić ten warunek należy:

- dokonać oceny poziomu zagrożenia klimatycznego w miejscu pracy górników,
- na podstawie wyników tej oceny dobrać odpowiednie środki zwalczania zagrożenia klimatycznego,
- przeprowadzić weryfikację skuteczności i efektywności działania zastosowanych środków prewencji.

W artykule zostanie przedstawiona ocena wiedzy w zakresie zwalczania zagrożenia klimatycznego w polskich kopalniach węgla kamiennego w porównaniu z górnictwem światowym (USA, Niemcy, Rosja, RPA, Australia). W USA i Australii zagrożenie klimatyczne o tak wysokim poziomie jak w Polsce nie występuje. W Niemczech górnictwo węgla kamiennego wygasa. Bardzo wysokie zagrożenie klimatyczne występuje natomiast w kopalniach Rosji, RPA i Ukrainy.

2. Wskaźniki oceny mikroklimatu

W przodujących pod względem wydobywania państwach zachodnich wskaźniki oceny mikroklimatu środowiska pracy oparte są na wskaźniku WBGT [3], amerykańskiej temperaturze efektywnej ATE [3] lub też na temperaturze powietrza mierzonej termometrem wilgotnym. Analizując te wskaźniki Jan Drenda [3] opracował wskaźnik dyskomfortu cieplnego δ określony wzorem:

$$\delta = \frac{ATE_A - ATE_{komf}}{ATE_{gran} - ATE_{komf}}, \quad (1)$$

gdzie: ATE_A – efektywna temperatura amerykańska występująca w środowisku o znanych parametrach fizycznych powietrza, $^{\circ}\text{C}$;

ATE_{komf} – efektywna temperatura amerykańska określona dla parametrów fizycznych środowiska, w których panuje komfort cieplny, $^{\circ}\text{C}$;

ATE_{gran} – efektywna temperatura amerykańska graniczna, powyżej której przebywanie stanowi zagrożenie dla życia, $^{\circ}\text{C}$.

Zgodnie ze wzorem (1), gdy $\delta < 0$, środowisko odczuwane jest jako chłodne, jeśli $\delta = 0$, panuje komfort cieplny, jeśli $0 < \delta < 1$, środowisko odczuwane jest jako zbyt ciepłe, ale dyskomfort jest bezpieczny dla zdrowia, jeśli $\delta > 1$, środowisko odczuwane jest jako zbyt ciepłe i dyskomfort jest niebezpieczny dla zdrowia. Wskaźnik dyskomfortu δ uwzględnia wszystkie najważniejsze czynniki wpływające na mikroklimat środowiska pracy. Kryterium to jednak nie zostało wprowadzone do przepisów, ponieważ zdaniem decydentów jest zbyt skomplikowane. Ponieważ obecnie obowiązujące przepisy klimatyczne są mocno krytykowane, zespół powołany przez Prezesa WUG zaproponował w miejsce obowiązujących przepisów wprowadzić temperaturę zastępczą klimatu t_{zk} stosowaną z powodzeniem od wielu lat w kopalniach miedzi LGOM [20]. Temperatura ta jest określona wzorem:

$$t_{zk} = 0,6t_{\phi} + 0,4t_a - w, \quad (2)$$

w którym: t_{ϕ} – temperatura powietrza mierzona termometrem wilgotnym, $^{\circ}\text{C}$;

t_a – temperatura powietrza mierzona termometrem suchym, $^{\circ}\text{C}$;

w – prędkość powietrza, m/s.

Jest to wzór empiryczny oparty na wynikach pomiarów wykonanych w kopalniach LGOM. Nadmienić należy, że w odniesieniu do kopalń węgla, dla dużych prędkości powietrza uzyskuje się zaniżone wartości t_{zk} . Dlatego w Zakładzie Aerologii Górniczej GIG zaproponowano tzw. przybliżony wskaźnik WBGT_p [1] określony wzorem:

$$\text{WBGT}_p = 0,67t_{\phi} + 0,33t_a \quad (3)$$

Różnica pomiędzy WBGT , określonym zgodnie z normą PN-85/N-08011 [13], a wskaźnikiem przybliżonym (WBGT_p) wynosi $0,24^{\circ}\text{C}$ [1]. Zarówno temperatura t_{zk} , jak i wskaźnik WBGT_p nie oddają w pełni parametrów mikroklimatu środowiska pracy. Dlatego też L. Borodulin i J. Waclawik, opierając się na wieloletnich badaniach w kopalniach miedzi LGOM, zaproponowali kryterium cieplnych warunków pracy oparte na zrównoważonym bilansie ciepła organizmu ludzkiego i niedopuszczeniu do nadmiernego odwodnienia organizmu [24]. Wspomniane kryterium jest jeszcze bardziej skomplikowane w porównaniu ze wskaźnikiem dyskomfortu δ . Tym niemniej jest ono najlepszym ze znanych dotychczas kryterium oceny mikroklimatu środowiska pracy.

3. Ocena poziomu zagrożenia klimatycznego

Ocenę stanu zagrożenia klimatycznego przeprowadza się głównie dla projektowanych wyrobisk, rejonów wydobywczych i poziomów eksploatacyjnych. Najbardziej ogólną oceną poziomu zagrożenia klimatycznego jest temperatura pierwotna skał na najgłębszym poziomie eksploatacyjnym. Dlatego też w polskim górnictwie węgla kamiennego wszystkie kopalnie podzielono na cztery grupy. Do pierwszej grupy zaliczono kopalnie, w których temperatura pierwotna skał na najgłębszym poziomie wydobywczym nie przekracza 30°C . Są to kopalnie nie zagrożone pod względem klimatycznym. Do drugiej grupy zaliczono kopalnie, w których wspomniana temperatura wynosi od 30 do 35°C . Są to kopalnie o małym zagrożeniu klimatycznym. Do trzeciej grupy zaliczono kopalnie, w których temperatura pierwotna skał wynosi od 35 do 40°C . Są to kopalnie o dużym zagrożeniu klimatycznym. Natomiast do czwartej grupy zaliczono kopalnie, w których temperatura pierwotna skał na najgłębszym poziomie wydobywczym jest wyższa od 40°C . Są to kopalnie o bardzo dużym zagrożeniu klimatycznym.

Innym kryterium poziomu zagrożenia klimatycznego, stosowanym w odniesieniu do poziomu wydobywczego, jest wskaźnik klimatyczny K . Został on wprowadzony w drugiej połowie ubiegłego wieku przez Japończyków, następnie zmodyfikowany przez Czecha Libora Suchana [15], a obecnie funkcjonuje w postaci zmodyfikowanej przez Henryka Bystronia [8]:

$$K = \frac{t_{pg} - t_d}{t_d - t_p}, \quad (4)$$

gdzie: t_{pg} – temperatura pierwotna skał na danym poziomie; $^{\circ}\text{C}$,

t_d – dopuszczalna obowiązującymi przepisami temperatura powietrza w miejscu pracy; $^{\circ}\text{C}$,

t_p – temperatura powietrza na podszybiu poziomym, z którego doprowadza się powietrza świeże do wyrobisk eksploatacyjnych i przygotowawczych; $^{\circ}\text{C}$.

Gdy $K < 0$, nie ma zagrożenia klimatycznego, gdy $0 < K < 0,8$, istnieje niewielkie zagrożenie klimatyczne, któremu można zapobiec przestrzegając głównych zasad racjonalnej wentylacji; gdy $0,8 < K < 1,5$, istnieje duże zagrożenie klimatyczne, które należy zwalczać stosując w pierwszej kolejności wentylacyjne środki prewencji zagrożenia klimatycznego, a gdy te okażą się niewystarczające również urządzenia chłodnicze, gdy $K > 1,5$, wówczas

istnieje bardzo duże zagrożenie klimatyczne, dla zmniejszenia którego należy stosować urządzenia chłodnicze.

W celu zastosowania wspomnianych kryteriów należy znać wartości temperatury pierwotnej skał na poszczególnych poziomach. W GIG opracowano mapy izolinii temperatury pierwotnej skał kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego dla poziomów: -450 m, -550 m, -650 m, -750 m oraz -850 m [11]. Ponadto w ramach prac usługowych Zakładu Aerologii Górniczej GIG opracowano szczegółowe mapy izolinii dla kopalń: „Halemba”, „Bielszowice”, „Śląsk”, „Borynia”, „Pniówek”, „Zofiówka”, „JAS-MOS”, „Szczygłowice”, „Anna”, „Staszic”, „Rydułtowy”, „Sobieski”. W niniejszej pracy załączono mapę izolinii temperatury pierwotnej skał dla poziomu (horyzontu) - 750 m (rys. 1).

Aktualnie w polskim górnictwie węgla kamiennego blisko połowa wydobycia pochodzi z eksploatacji podziemnej. W związku z tym do oceny poziomu zagrożenia klimatycznego w rejonie wydobywczym lub drażonym wyrobisku ślepy wymienione wyżej wskaźniki oceny zagrożenia klimatycznego są mało przydatne. Do oceny poziomu zagrożenia klimatycznego w konkretnym wyrobisku należy wykonać prognozy klimatyczne. Istnieje wiele metod prognozowania warunków klimatycznych opracowanych zarówno na zachodzie [2, 21], jak i w krajach byłego obozu socjalistycznego [5, 6, 16]. W Polsce metody takie opracowano na AGH w Krakowie [22], Politechnice Wrocławskiej [14] i w Zakładzie Aerologii Górniczej GIG [4, 7]. Nadmienić należy, że najwięcej prognoz klimatycznych dla polskiego górnictwa węgla kamiennego wykonano korzystając z metod opracowanych w GIG. Metody te sprawdziły się w praktyce zarówno w kopalniach GOP, jak i w kopalni „Bogdanka” oraz kopalniach czeskich. Oparte są one na teorii niestacjonarnego ruchu ciepła i masy z otaczającego masywu skalnego do powietrza w wyrobisku. Pierwsza z nich dotyczy wyrobisk z opływowym prądem powietrza [4], a druga drażonych wyrobisk z wentylacją odrębną [7]. Metoda prognozowania warunków klimatycznych opisana w pracy [7] dotyczy zarówno wyrobisk z tłoczącą jak i ssącą wentylacją lutniową. W metodzie opisanej w pracy [4] zastosowano potencjał ruchu wilgoci ω wprowadzony przez S. Holka. Jest to wielkość analogiczna do potencjału ruchu ciepła, czyli temperatury t .

W zakresie oceny poziomu zagrożenia klimatycznego, zwłaszcza dokładności prognoz klimatycznych, polskie górnictwo znajduje się w czołówce światowej. Nadmienić należy, że metody prognozowania warunków klimatycznych opracowane za granicą dotyczą w zasadzie pojedynczych wyrobisk lub co najwyżej grupy wyrobisk stanowiących połączenie szeregowo. W GIG opracowano metodę pozwalającą prognozować parametry mikroklimatu w sieci wentylacyjnej [12]. Daje to spojrzenie na całą sieć wentylacyjną, a nie tylko na pojedyncze wyrobiska.

4. Zwalczanie zagrożenia klimatycznego w polskim górnictwie węgla kamiennego

W przypadku stwierdzenia temperatury powietrza mierzonej termometrem suchym wyższej od 28⁰C lub intensywności chłodzenia powietrza mniejszej od 11 katastopni wilgotnych, analizowane są wszystkie możliwe przyczyny wystąpienia podwyższonej temperatury powietrza i/lub jego dużej wilgotności. Przyczynami tymi mogą być:

- wysoka temperatura powietrza dopływającego do badanego wyrobiska,
- wysoka temperatura pierwotna skał otaczających,
- mała intensywność przewietrzania wyrobiska,
- duże moce zainstalowane urządzeń energomechanicznych,
- woda wypływająca z górotworu do wyrobiska,
- prowadzenie powietrza świeżego chodnikami wodnymi do wyrobisk eksploatacyjnych.

W celu uzyskania parametrów powietrza zgodnych z obowiązującymi przepisami stosuje się w pierwszej kolejności wentylacyjne środki prewencji zagrożenia klimatycznego:

- ujmuje się wodę wypływającą z górotworu do szybu i zwiększa szczelność obudowy poprzez hydroizolację i w ten sposób ogranicza się nawilżanie powietrza świeżego w szybie wdechowym,
- izoluje się rurociągi powietrza sprężonego w szybie wdechowym lub lokalizuje się wymienione rurociągi w szybie wydechowym,
- wprowadza się automatyzację sterowania urządzeniami grzewczymi w powiązaniu z ciągłą kontrolą temperatury powietrza poniżej zrębu szybu wdechowego (utrzymywanie w okresie zimowym temperatury 2⁰C z tolerancją $\pm 1^{\circ}\text{C}$),
- ujmuje się wodę w miejscach jej wypływu i odprowadza się ją krytymi ściekami lub rurociągami,

- unika się prowadzenia powietrza świeżego chodnikami wodnymi do wyrobisk eksploatacyjnych,
- unika się odprowadzania powietrza zużytego z wyrobisk ślepych do prądu powietrza świeżego płynącego do wyrobisk eksploatacyjnych,
- analizuje się celowość lokalizacji na drodze powietrza świeżego dodatkowych źródeł ciepła, zwłaszcza zainstalowane moce urządzeń energomechanicznych oraz podejmuje się środki w celu zmniejszenia ich oddziaływania na warunki klimatyczne,
- skraca się drogi powietrza świeżego od podszybia szybu wdechowego do badanego wyrobiska,
- stosuje się duże intensywności przewietrzania wyrobiska, między innymi poprzez ograniczenie odpływów powietrza na trasie od szybu wdechowego do wyrobiska, a także poprzez uproszczenie sieci wentylacyjnej (likwidacja oraz izolowanie wyrobisk zbędnych),
- na etapie projektowania robót uwzględnia się możliwość wyeliminowania odstawy urobku z prądu powietrza świeżego dopływającego do wyrobiska eksploatacyjnego poprzez niezależne przewietrzanie wyrobisk odstawczych (np. równoległe pochylnie) lub lokalizowanie odstawy urobku w wyrobiskach służących do odprowadzenia powietrza zużytego,
- urządzenia energetyczne (transformatory, silniki elektryczne, wentylatory elektryczne, pompy do obudów hydraulicznych, itp.) w miarę istniejących możliwości lokalizuje się w prądach powietrza zużytego lub w specjalnie wydzielonych prądach niezależnych, np. pompy do obudów hydraulicznych należy lokalizować na wylotach ze ścian zamiast na ich wlotach,
- unika się szeregowego przewietrzania ścian,
- dobiera się odpowiedni kierunek przesuwania się frontu eksploatacyjnego (ściany) w celu niedopuszczenia do przepływu powietrza przez zrobry i wynoszenia ciepła ze zrobów do wyrobisk eksploatacyjnych, np. wybierania ścian „od pola”. Wymaga to wcześniejszego wydrążenia chodników przyścianowych i stosowania wentylacji opływowej (co umożliwi częściowe wychłodzenie, a niejednokrotnie również osuszenie górotworu); w przypadku występowania jednocześnie dużego zagrożenia metanowego stosuje się odpowiednie rozprowadzenie powietrza w oddziale (np. stosując system rozprowadzenia powietrza typu „Z” lub „Y”),

– w przypadku konieczności prowadzenia prądu powietrza świeżego wzdłuż zrobów zawałowych ogranicza się migrację gazów i ciepła przez zroby, wykonując uszczelniające pasy podsadzkowe wzdłuż chodników ścianowych (np. z tworzywa anhydrytowego, pianki krylaminowej, itp.) oraz takie ukształtowanie rozkładu potencjałów aerodynamicznych, aby jak najbardziej ograniczyć intensywność tej migracji.

W odniesieniu do drażonych wyrobisk z wentylacją lutniową stosuje się lutniociągi zbudowane z lutni o dużych średnicach (1,0 m oraz 1,2 m), zapewniające dużą intensywność przewietrzania strefy przodkowej i o dobrej jakości uszczelnienia. Ponadto tak dobiera się wentylatory lutniowe współpracujące z lutniociągiem, aby powietrze płynące przez taki wentylator jak najmniej nagrzewało się [8]. Dla uintensywnienia przewietrzania w drażonych wyrobiskach z wentylacją lutniową stosuje się również boczniki wentylacyjne [8].

W przypadku gdy wentylacyjne środki zwalczania zagrożenia klimatycznego okażą się niewystarczające dla zapewnienia temperatury powietrza nie wyższej od 28°C, stosuje się urządzenia chłodnicze. Każde zastosowanie klimatyzacji poparte jest alternatywnymi prognozami klimatycznymi oraz analizą ekonomiczną.

Aktualnie w polskim górnictwie węglowym stosuje się następujące formy klimatyzacji:

- klimatyzacja lokalna,
- klimatyzacja grupowa,
- klimatyzacja centralna.

Klimatyzację lokalną stosuje się w przypadkach, gdy potrzebna moc chłodnicza nie przekracza 3 MW. W polskich kopalniach węgla kamiennego są stosowane niemieckie ziębiarki typu LKM oraz typu DV o nominalnych mocach chłodniczych 290 kW i 350 kW, polskie ziębiarki: firmy TERMOSPEC o mocach: 300 kW, 350 kW i 420 kW oraz firmy IMK o mocy chłodniczej 300 kW. Wymienione ziębiarki stosuje się do chłodzenia powietrza w drażonych wyrobiskach z wentylacją lutniową oraz do klimatyzacji rejonów wydobywczych, przy czym w tym drugim przypadku chłodnice powietrza lokalizowane są w chodniku podścianowym, a w razie potrzeby również w chodniku nadścianowym.

Aktualnie w najgorętszych kopalniach węgla (w których prowadzona jest eksploatacja podziemowa, a temperatura pierwotna skał jest dużo wyższa od 40°C) klasyczna klimatyzacja rejonu wydobywczego jest niewystarczająca. Dlatego wzdłuż frontu ściany stosuje się małogabarytowe chłodnice powietrza [10] lub lutniociągi z chłodnym powietrzem. Zastosowanie wzdłuż frontu ściany lutniociągu z chłodnym powietrzem jest oryginalnym polskim pomysłem [9]. Stosowane są chłodnice powietrza niemieckiej firmy WAT typu

SPK 22 o mocy chłodniczej 11,8 kW, SPK 35 o mocy chłodniczej 37,5 kW, SPK 50 o mocy chłodniczej 95,6 kW [23] oraz firmy TERMOSPEC typu SCP 40 o mocy chłodniczej 35 kW [19].

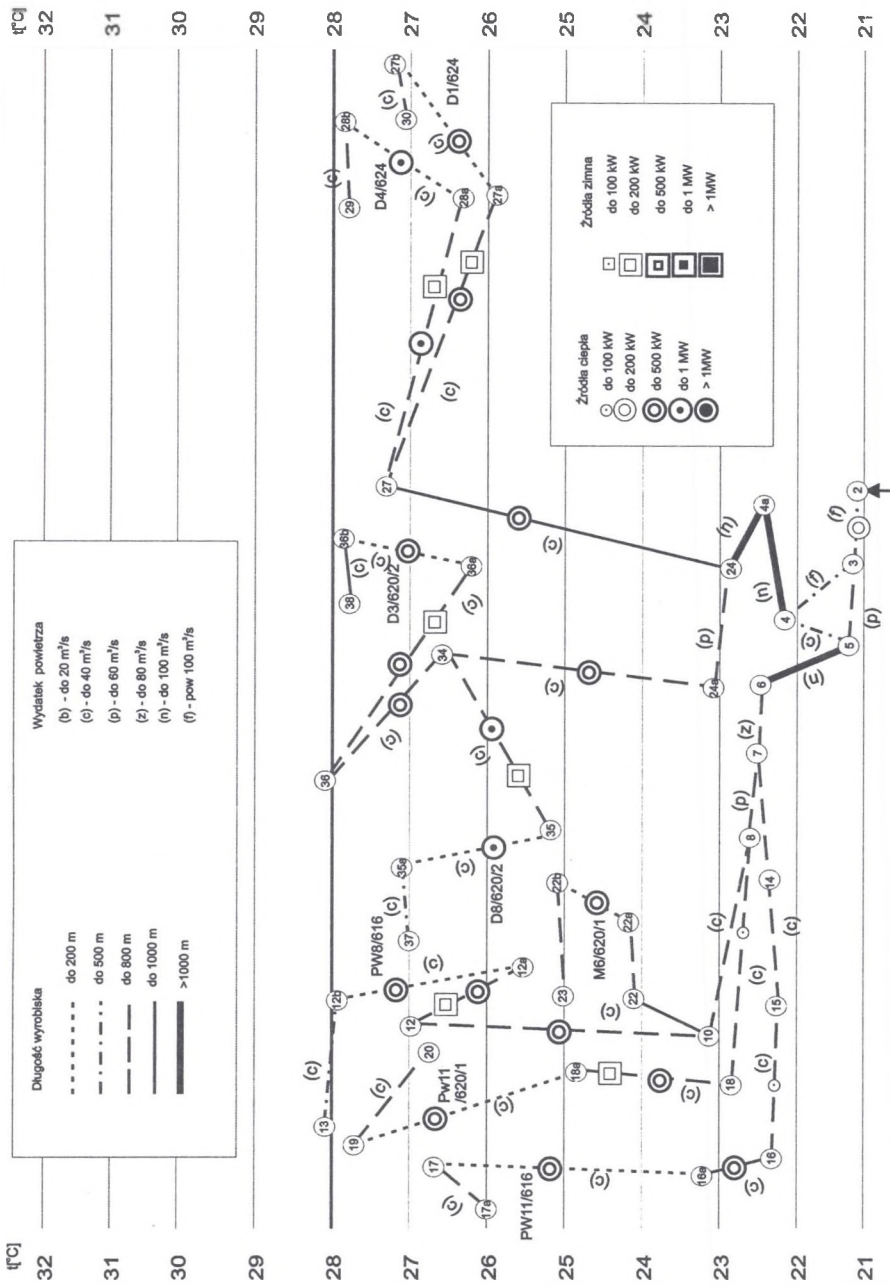
Klimatyzację grupową stosuje się wtedy, gdy potrzebna moc chłodnicza wynosi od 3 do 6 MW. W polskim górnictwie węgla kamiennego tę formę klimatyzacji zastosowano w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej: „Borynia”, „JAS-MOS”, „Zofiówka” [18]. W każdej z wymienionych kopalń zastosowano po 2 agregaty chłodzące wodę: KM 2000 (o mocy chłodniczej 2 MW) i KM 1000 (o mocy chłodniczej 1 MW). W tym sposobie klimatyzacji zimna woda z agregatów KM 2000 i KM 1000 rurociągami izolowanymi rozprowadzana jest do chłodnic powietrza zlokalizowanych w oddziałach wydobywczych lub do drażonych wyrobisk ślepych. Nadmienić należy, że wdrożenie klimatyzacji grupowej przewidziane jest w kolejnych kopalniach: „Staszic”, „Knurów” i „Sośnica – Makoszowy” Ruch Makoszowy.

Klimatyzację centralną stosuje się wówczas, gdy potrzebna moc chłodnicza jest większa od 6 MW. W Polsce instalacja klimatyzacji centralnej zabudowana została na kopalni Pniówek. Planowane są dwie kolejne instalacje klimatyzacji centralnej na kopalni „Szczygłowice” oraz kopalni „Sośnica – Makoszowy” Ruch Sośnica. System klimatyzacji centralnej funkcjonujący na kopalni „Pniówek” stanowi skojarzony układ energetyczny wytwarzający oprócz energii chłodniczej (mocy chłodniczej) również energię elektryczną i ciepłą. Zastosowana idea opiera się na schładzaniu wody chłodniczej sprowadzanej z powierzchni do wodnych chłodnic powietrza w kopalni za pomocą chłodziarek sprężarkowych i absorpcyjnych. Wytwarzanie energii elektrycznej i chłodu realizowane jest dzięki energii chemicznej, jaką posiada metan. Jest on ujmowany w kopalni ze względów bezpieczeństwa [17]. System ten wytwarza, oprócz 5,0 MW mocy chłodniczej, również 6,4 MW mocy elektrycznej i 7,4 MW mocy ciepłej.

Nadmienić należy, że służby kopalniane długo broniły się przed wprowadzeniem klimatyzacji do kopalń stosując wentylacyjne środki prewencji. Dlatego też wentylacyjne środki zwalczania zagrożenia klimatycznego rozwinęły się w większym stopniu niż w innych krajach. Jeśli chodzi o urządzenia chłodnicze, to obecnie na dole kopalń pracuje coraz więcej ziębiarek produkcji krajowej, które nie ustępują ziębiarkom sprowadzonym z zagranicy. Co więcej, ziębiarki firmy TERMOSPEC jako medium stosują czynnik chłodniczy nieszkodliwy względem atmosfery. Stosowane w polskich kopalniach systemy klimatyzacji cechują się dużą sprawnością. W zakresie klimatyzacji kopalń nie ustępujemy więc produującym państwom górnictwem.

W odniesieniu do wyrobisk projektowanych potrzebne środki prewencji zagrożenia klimatycznego dobiera się na podstawie wyników prognoz klimatycznych. Prognozowana temperatura i wilgotność powietrza dają informację o potrzebnej mocy chłodniczej w celu zapewnienia prawidłowych warunków klimatycznych w badanym wyrobisku.

W przypadku projektowanych poziomów wydobywczych prognozy klimatyczne wykonuje się dla grupy wyrobisk. W takiej sytuacji potrzebne jest narzędzie pozwalające ocenić prognozowane zagrożenie klimatyczne we wszystkich projektowanych wyrobiskach zlokalizowanych na danym poziomie. Dlatego też w zakładzie aerologii górniczej GIG opracowano podstawy schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej [12]. Wymieniony schemat jest podobny do schematu potencjalnego. Jednak w odróżnieniu od schematu potencjalnego zawiera więcej informacji o bocznicach sieci (wyrobiskach górniczych). Między innymi rodzaj linii łączących punkty o określonych wartościach temperatury (potencjału ruchu ciepła) jest związany z zakresem długości odpowiadających im wyrobisk. Na trasie bocznicy zaznaczone są źródła ciepła (kolorem czerwonym) i zimna (kolorem niebieskim). Kształty znaków źródeł ciepła i zimna oznaczają zakres mocy danego źródła. Każda linia ma kolor przypisany określonemu zakresowi strumienia objętości przepływającego powietrza. W niniejszej pracy zamieszczono schemat temperaturowy podsieci wentylacyjnej kopalni „Marcel” – ruch „1 Maja” (rys. 2). Z uwagi na brak możliwości przedstawienia schematu w wersji kolorowej, w niniejszej pracy źródła ciepła mają kształt koła, a źródła zimna kształt kwadratu. Kolory linii określających bocznice zastąpiono symbolem nad bocznicą: b – kolor brązowy, c – czerwony, p – żółty, z – zielony, n – niebieski, f – kolor fioletowy. Wspomniany schemat temperaturowy może być stosowany nie tylko w odniesieniu do całej sieci wentylacyjnej, ale również w odniesieniu do poziomu, partii, czy rejonu. Analiza takiego schematu pozwoli nie tylko ocenić stopień zagrożenia klimatycznego, wychwycić przyczyny występowania wysokiej temperatury powietrza, ale również zasugerować środki poprawy. Opracowując dla poziomu schemat temperaturowy w kilku wariantach, można określić, do jakiej granicy wystarczą środki wentylacyjne, a od kiedy należy stosować urządzenia chłodnicze i o jakiej mocy.



Rys. 2. Schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej KWK „Marcel” – rejon „1 Maja” z zastosowaniem urządzeń chłodniczych
 Fig. 2. Temperature diagram for mine „Marcel” – region „1 Maja” with cooling devices installed

5. Weryfikacja skuteczności i efektywności działania stosowanych środków prewencji zagrożenia klimatycznego

Poziom skuteczności stosowanych środków prewencji zagrożenia klimatycznego analizowany jest na szczelbu kopalni przez kopalniane zespoły ds. klimatyzacji, na szczelbu spółki węglowej oraz przez Zakład Aerologii Górniczej GIG. W efekcie działania kopalnianych zespołów ds. klimatyzacji stosowane środki prewencji są na bieżąco korygowane. W przypadku bardziej skomplikowanych problemów klimatycznych kopalnie zwracają się do jednostek naukowo-badawczych. Na podstawie analizy raportów z pomiarów klimatycznych wykonywanych przez służby wentylacyjne w okresie letnim opracowywane są raporty roczne o stanie zagrożenia klimatycznego w danym roku kalendarzowym. Raporty te są z kolei publikowane (wraz z innymi zagrożeniami) jako raporty roczne o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Raporty takie są wykonywane od roku 1982. Z raportów tych wynika, że w latach 1982÷2002 rosła liczba wyrobisk z temperaturą powietrza mierzoną termometrem suchym wyższą od 28°C. Od roku 2002 liczba takich wyrobisk maleje. Z raportów tych wynika również wzrost zainstalowanej w kopalniach mocy chłodniczej. Do roku 1998 wzrost ten, aczkolwiek bardzo wyraźny, był względnie umiarkowany. Od roku 1998 wzrost ten jest gwałtowny. Do wspomnianego wzrostu przyczyniły się między innymi: większa świadomość decydentów o wzroście zagrożenia klimatycznego wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji, podjęcie wydobywania z podziomów, a także koncentracja produkcji. W ślad za tym zwiększyła się liczba zabudowanych na dole kopalni ziębiarek oraz instalacji klimatyzacji grupowej na trzech kopalniach.

W związku z zabudowanym w polskich kopalniach węgla znacznym potencjałem chłodniczym, wynoszącym w roku 2006 około 58 MW, efektywność działania urządzeń chłodniczych jest analizowana zarówno na szczelbu kopalni, jak i przez jednostki naukowo-badawcze. Szczegółowo badane są zwłaszcza instalacje centralnej klimatyzacji na kopalni „Pniówek” oraz instalacje klimatyzacji grupowej na kopalniach „Borynia” i „Zofiówka”. Bada się nie tylko uzyskiwane efekty chłodnicze: temperatura powietrza w miejscu pracy, wydajności chłodnicze chłodnic powietrza, agregatów do schładzania wody zimnej, chłodnic wyparnych, temperaturę wody zimnej i wody powrotnej, ale również poniesione koszty inwestycyjne i koszty eksploatacji urządzeń. W przypadku znacznych różnic parametrów nominalnych i rzeczywistych parametrów pracy bada się przyczyny tych różnic. Niejednokrotnie jedną z przyczyn niskiej sprawności urządzeń chłodniczych jest niska

temperatura powietrza na powierzchni i na podszybiu szybu wdechowego. Kolejnymi przyczynami niskiej sprawności urządzeń chłodniczych mogą być: zła lokalizacja urządzenia (np. chłodnica powietrza zbyt daleko od ściany), zabrudzenia powierzchni w wymiennikach ciepła, niskie natężenie przepływu wody chłodzącej, słaba wentylacja itd.

6. Zakończenie

Górnictwo polskie w zakresie oceny i zwalczania zagrożenia klimatycznego nie ustępuje przodującym państwom górniczym na świecie. Na wysokim poziomie są metody prognozowania parametrów mikroklimatu powietrza kopalnianego. Wyniki prognoz uzyskiwane za pomocą tych metod wykazują dobrą zgodność z rzeczywistością. Elementem nowym, który występuje w polskim górnictwie, jest schemat temperaturowy kopalnianej sieci wentylacyjnej [12]. Jego analiza pozwala nie tylko ocenić stan zagrożenia temperaturowego w badanej sieci, ale również zasugerować środki poprawy.

W zakresie technologii stosowania urządzeń chłodniczych mamy własnych producentów ziębiarek (które swoimi parametrami pracy nie odbiegają od rozwiązań światowych). Posiadamy instalacje klimatyzacji grupowej i centralnej, przy czym klimatyzacja centralna na kopalni „Pniówek”, dzięki zastosowaniu skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego, stanowi osiągnięcie na skalę światową. Polskie górnictwo węgla kamiennego ma duże doświadczenie w stosowaniu zarówno małych mocy chłodniczych (35 kW), jak i tych największych (5 MW).

Polskie ośrodki naukowo-badawcze na tle górnictwa światowego nie ustępują również, jeśli chodzi o opracowanie wskaźników oceny mikroklimatu środowiska pracy.

LITERATURA

1. Bystroń H., Knechtel J., Markefka P.: Przybliżony wskaźnik obciążenia termicznego górników w gorących miejscach pracy kopalń. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* 1993 nr 4(8).
2. Carslaw H.S., Jaeger J.C.: *Operational methods in applied mathematics*. Oxford University Press, 1948.
3. Drenda J.: Dyskomfort cieplny w środowiskach pracy głębokich kopalń. *ZN Pol. Śl. s. Górnictwo*, z. 213, Gliwice 1993.

4. Holec S.: Opracowanie potencjału ruchu wilgoci i opartych na nim metod prognozowania mikroklimatu wyrobisk górniczych. Prace GIG, Katowice 1990.
5. Jagielski A.N.: Tieplowyje rasczoty wentilacjonnowo wozducha vyrabotok s tupikowym zabojem w głubokich ugotnych szachtach. Gosgortiechizdat, Moskwa 1960.
6. Kempf E.: Zur Berechnung der Wettertemperatur in sonderbewetterten Grubenbauen, Freiburger-Forschungshefte. A-460 Bergbau-Tiefbau, 1969.
7. Knechtel J.: Metoda prognozowania temperatury i wilgotności powietrza w ślepych wyrobiskach górniczych. Przegląd Górniczy nr 4, 1980.
8. Knechtel J.: Zagrożenie klimatyczne w polskich kopalniach węgla. Prace Naukowe GIG nr 835, Katowice 1998.
9. Knechtel J.: Zwalczanie zagrożenia klimatycznego w ścianie eksploatacyjnej za pomocą lutniociągu z chłodnym powietrzem. Materiały Konferencyjne 1 Szkoły Aerologii Górniczej, Wyd. KG PAN, Zakopane 1999, str. 141÷156.
10. Knechtel J., Ośliżło M., Wyrobek A.: Doświadczenia kopalni „JAS-MOS” w klimatyzacji rejonów wydobywczych o podwyższonej temperaturze. Wiadomości Górnicze nr 1/2003, str. 36÷40.
11. Knechtel J., Gapiński D.: Zaktualizowane mapy izolinii temperatury pierwotnej skał kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Główny Instytut Górnictwa 2005.
12. Knechtel J.: Opracowanie podstaw schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej i jego zastosowanie do oceny i zwalczania zagrożenia klimatycznego w kopalni głębokiej. Prace naukowe GIG – Górnictwo i Środowisko, nr 1/2005, str. 17÷31.
13. Polska Norma: PN-85/N-08011: Ergonomia. Środowiska gorące. Wyznaczanie obciążeń termicznych działających na człowieka w środowiskach pracy oparte na wskaźniku WBGT.
14. Madeja-Strumińska B., Strumiński A.: Ruchowa metoda prognozowania warunków klimatycznych w kopalniach głębinowych. Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej. Wyd. KG PAN, Zakopane 2002, str. 547÷553.
15. Suchan L.: Mezna klimaticka kriteria pro hluboke doly OKR. VVUU, Ostrava-Radvanice 1969.
16. Szczerbań A.N., Kremniew O.A.: Naucznyje osnovy rasczota i regulirowanija tieplowego režima głubokich szacht. Wyd. UAN, Kijów 1959.
17. Szlązak N., Tor A., Rzepski H.: Ocena efektywności pracy skojarzonego układu energetyczno - chłodniczego w KWK „Pniówek”. Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej, Wyd. KG PAN, Zakopane 2002, str. 559÷575.
18. Szlązak N., Tor A., Jakubów A.: Ocena funkcjonowania systemów klimatyzacji wyrobisk górniczych w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej. Materiały 4 Szkoły Aerologii Górniczej, Wyd. KG PAN, Zakopane 2006, str. 565÷580.
19. TERMOSPEC: Informacja ofertowa o produkowanych urządzeniach chłodniczych dla górnictwa podziemnego.
20. Turkiewicz W.: Propozycja nowego wskaźnika oceny warunków klimatycznych w kopalniach LGOM. CUPRUM, nr 3-4 1986.
21. Voß J.: Beitrag zur Vorausberechnung der Erwärmung und der Wasserdampfau-fnahme der Wetter in Steinkohlenbergwerken. Glückauf-Forschungshefte 1965, H4.
22. Waclawik J.: Prognoza kopalnianych warunków klimatycznych z uwzględnieniem wpływu wilgoci. ZN AGH, Górnictwo, z.33, Kraków 1971.
23. WAT: Grubenklimatisierung und Tunnelkühlung. Informacja ofertowa o urządzeniach chłodniczych produkowanych dla górnictwa podziemnego.

24. Waclawik J., Branny M., Borodulin-Nadzieja L.: Modelowanie wymiany ciepła między górnikiem a otoczeniem w trudnych warunkach klimatycznych. AGH – Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2004.

Recenzent: Dr hab. inż. Marian Kolarczyk, prof. nzw. w Pol. Śl.